

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



TESIS PARA ASPIRAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Efecto alelopático de residuos de *Ipomoea batatas* (L). Lam. sobre la germinación y crecimiento de cultivos hortícolas y malezas en campo.

Diplomante: Miriam Valdés Tosco

Tutores: Dr.C. Sinesio Torres García

MsC. Maykel Hernández Aro

Santa Clara, 2008

“Año 50 de la Revolución”



UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



TESIS PARA ASPIRAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Efecto alelopático de residuos de *Ipomoea batatas* (L). Lam. sobre la germinación y crecimiento de cultivos hortícolas y malezas en campo.

Diplomante: Miriam Valdés Tosco

Tutores: Dr.C. Sinesio Torres García

MsC. Maykel Hernández Aro

Santa Clara, 2008

“Año 50 de la Revolución”

Agradecimientos

Al magnífico creador por su gran bondad.

A mi familia principalmente a mi esposo, mis padres por su paciencia y apoyo y mis hijos por aceptar privarse de mí en varias ocasiones, también mi suegra y amistades que me ayudaron mucho para poder estudiar.

A mis tutores por sus instrucciones sabias y ser tan abordables el Dr. Sinesio Torres García y Maykel Hernández Aro.

También la ayuda de Peñate, Cupull, Sosa, Marlen, Syrley, Maydolis y otras personas que se brindaron para ayudarme.

A María Isabel quien me impulsó a terminar los estudios.

A mis compañeros del aula a todos los recordaré con mucho cariño.

A todos los profesores que me impartieron enseñanza valiosa, otros trabajadores de la facultad de ciencias agropecuarias.

A todos, muchas gracias...

Resumen. La investigación se realizó en la finca “La Valet” de la CCS “Damián Cabrera” de Placetas (Villa Clara), a 120 msnm, sobre un suelo Pardo Sialítico Carbonatado. El objetivo fue determinar el efecto de los residuos de *Ipomoea batatas* (L). Lam. (Boniato o camote) sobre el crecimiento de cebolla (*Allium cepa*), rábano (*Raphanus sativus*) y las malezas asociadas. Follaje de *I. batatas* (Clon CEMSA 78-354), secado al aire y molido finamente, se incorporó en parcelas de suelo de 0,3 m² en dosis de 0% (sin aplicar), 75; 100 y 150% de residuos. Se tomó como dosis máxima (100%) la masa seca promedio de follaje colectada en 1 m² de una plantación normal de Boniato. Se contaron las malezas totales a los 15 y 30 días. A los 30 días se midieron la altura de las plantas, el número de hojas y el diámetro de la hoja más larga en la cebolla y el diámetro, altura y el peso del tubérculo en el rábano. A los 45 días se midió la biomasa seca de malezas por parcela, y se evaluaron los microorganismos del suelo. Los residuos incrementaron altura, número de hojas y diámetro de la hoja más larga de la cebolla, e igualmente aumentaron peso fresco y diámetro del tubérculo de rábano. Se redujo la germinación y biomasa seca malezas. Hubo cierta restricción del número de colonias de bacterias Azotobácter y solubilizadoras de fósforo en las dosis altas de 100 y 150% de residuos.

Contenido

Agradecimientos.....	II
Resumen.	III
1. Introducción.	1
2. Revisión Bibliográfica.....	4
3. Materiales y Métodos.....	22
4. Resultados y Discusión.	24
5. Conclusiones.	36
6. Recomendaciones.....	37
7. Bibliografía	
8. Anexos	

1. Introducción.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cerca del 3% de la población agrícola, de los países en desarrollo, está sujeta a sufrir intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas (García, 1997).

La alelopatía brinda una alternativa prácticas ajustables fundamentalmente a agroecosistemas de desarrollo sustentable. Así, se han propuesto tecnologías de manejo de malezas basadas en arropes, cultivos de cobertura, cultivos mixtos, rotaciones de cultivos, cultivos trampa y cultivos presa específicos para malezas parásitas, así como la confección de bioproductos y biopreparados a partir de las mezclas de toxinas contenidas en tejidos de plantas y microorganismos. En todo ello media el conocimiento aportado por la alelopatía referente al estudio de las interacciones entre plantas (Narwal, 1994).

Los restos de plantas cultivadas y malezas, al cosecharse, quedan sobre y/o bajo el suelo y liberan compuestos químicos, algunos de los cuales tienen efecto depresivo sobre plantas, nemátodos, insectos y microorganismos. Este hecho es de gran importancia en la agricultura, especialmente la tradicional, pues gran cantidad de residuos de cultivos y de malezas se dejan en el suelo de las parcelas con objeto de protegerlo contra la intemperización y como abono orgánico. En este sentido, existen gran cantidad de estudios sobre el efecto de los residuos de plantas, arvenses y cultivadas, sobre el crecimiento y desarrollo de otros organismos (Anaya, 1998b).

El Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Coberturas (2004), advierte que las toxinas liberadas por los cultivos de cobertura, llamados aleloquímicos, han tomando importancia entre las prácticas de reducción de malezas. Estas técnicas llamadas “Sistemas de Corte y Cobertura” son ejemplos valiosos de prácticas sostenibles que no causan casi daños, comparados con los “Sistemas de Corte y Quema”, y disminuye los insumos externos.

Ipomoea batatas (L.) Lam. (Boniato) es estimado como un cultivo importante en la alimentación del hombre a nivel mundial (Clark y Moyer, 1991), posee hábitos de crecimiento rastroso y comúnmente invade extensiones de terrenos, por lo que es

considerada especie invasivas según Lovett (2007), debido en parte, a la actividad fitoquímica que desarrolla (Wu *et al.*, 2006). Chon y Boo (2005) observó que Lixiviados de hojas de *Ipomoea batatas* (L.) Lam. inhibieron el crecimiento radicular de *Medicago sativa* L. (Alfalfa). Torres *et al.* (2003) mostró que *I. batatas* en forma de restos secos y molidos incorporados al suelo estimuló el crecimiento de cultivos como Melón (*Cucumis melo*), Calabaza (*Cucurbita ssp*), Pepino (*Cucumis sativus*), Maíz (*Zea maíz*) y Rábano (*Raphanus sativus*) y sin embargo inhibieron la germinación y el crecimiento (masa fresca y seca) de malezas. Hernández *et al* (2007) encontró que *I. batatas* tenía efecto estimulante sobre el crecimiento de plántulas de rábano (*R. sativus*), mientras inhibía considerablemente la germinación y crecimiento de malezas

Las grandes cantidades de restos que dejan en el campo las cosechas del cultivo del Boniato (*I. batatas*) y las potencialidades alelopáticas que esta especie puede desarrollar motivaron la realización de este estudio. En consecuencia con esto nos planteamos la siguiente hipótesis.

Hipótesis

El efecto alelopático del residuo de *I. batatas* (boniato) pudiera ejercer un control sobre las malezas dentro de cultivos tolerantes a la adición de dichos residuos.

Objetivo general

Evaluar el efecto alelopático de *I. batatas* sobre malezas y cultivos bajo condiciones experimentales en el campo.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto alelopático de los residuos de *I. batatas* sobre el crecimiento de rábano y cebolla en condiciones de campo.
2. Determinar las potencialidades de *I. batatas* como inhibidor de la germinación y crecimiento de malezas en cultivos de rábano y cebolla en condiciones de campo.

Introducción

3. Determinar el efecto de los residuos de *I batatas* sobre la actividad microbiana del suelo.

2. Revisión Bibliográfica

El fenómeno alelopático en la agricultura fue reconocido por Demócrito, el filósofo Teofrasto y el naturalista Plinio en el siglo V y II antes de Cristo y ha sido descrito, investigado y definido por muchos autores de diferentes países y latitudes con mayor o menor exactitud (Puente, 1998).

La alelopatía puede generarse y actuar por exudación de compuestos provenientes de raíces vivas, frutas o por infiltración de compuestos químicos provenientes de la descomposición de los vegetales (Aguilar, 2003). En 1995, la Sociedad Internacional de Alelopatía se refiere a cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por las plantas, microorganismos, virus y hongos que influyen en el crecimiento y desarrollo de sistemas agrícolas y biológicos. Sus síntomas más comunes son, entre otros: Inhibición o retraso de la germinación de las semillas, semillas necrosadas, retardo en el crecimiento de la raíz y el tallo, necrosis en las extremidades de las raíces, pérdida de pelos radicales, reducción de la acumulación de masa seca y reducción en la capacidad reproductiva (An *et al.*, 2000).

Bower (1991) Citado por Puente (1998) señala como para que se produzcan estos efectos, ya sean de carácter positivo o negativo, directos o indirectos, la concentración de las sustancias aleloquímicas es de gran importancia. No obstante para que todo fenómeno alelopático, de cualquier naturaleza, ejerza su efecto como en sí, debe cumplir condiciones tales como que exista en el suelo suficiente cantidad o concentración del compuesto alelopático y que el aleloquímico debe entrar en contacto directo o interactuar, de alguna forma, con una planta susceptible.

Muchas de las toxinas identificadas en el suelo son lo suficientemente persistentes como para mantener niveles de toxicidad por varios meses, haciendo que el fenómeno, de igual modo, se mantenga presente (Labrada y García, 1990).

Anaya (1998a) señala que el efecto de un alelopático se manifiesta de diversas maneras; por ejemplo en diversos orgánulos y procesos celulares como: Mitocondrias

(respiración), Cloroplastos (fotosíntesis), Meristemos primarios y secundarios (división y elongación celular.), Membranas, Cinética enzimática, Síntesis de proteínas o estructura cromosómica.

Efectos sobre niveles hormonales, fotosíntesis, respiración y síntesis proteica

Einhellig (2004) señala que Varias sustancias alelopáticas afectan las hormonas responsables del crecimiento, tales como el ácido giberélico y el ácido indolacético, así como que algunos taninos inhiben la acción de la Giberelina y la cumarina es un potente inhibidor de la germinación de las semillas. El ácido monohidroxibenzoico estimula la producción de AIA, mientras que el ácido ferúlico lo inhibe. Es también conocido la acción de los compuestos fenólicos y los glicósidos de flavonoides en la actividad de la AIA-oxidasa. Igualmente se ha verificado que algunas sustancias alelopáticas afectan el transporte de electrones y la fosforilación en los cloroplastos, de manera muy semejante a la forma de actuar de los herbicidas inhibidores de la fotosíntesis. Ya se conoce que algunos ácidos fenólicos reducen la fotosíntesis o el tenor de la clorofila en las hojas. La cumarina y la escopoletina reducen la fotosíntesis en tabaco, girasol y el bleo y algunas especies arbóreas poseen polifenoles que reducen la producción del 2,6-diclofenol indofenol e inhiben las reacciones fotoquímicas en los cloroplastos. El Kenferol, del grupo de los flavonoides inhibe las fotofosforilaciones cíclica y acíclica en los cloroplastos de las habichuelas. De igual forma algunos compuestos químicos aislados, tales como la juglona reducen la respiración radicular, que la reduce en el 90% en las raíces de millo y otros como los fenoles, por el contrario estimulan la fijación de oxígeno. Se ha comprobado que las cumarinas y el ácido ferúlico impiden la incorporación del carbono en las proteínas de las semillas o embriones de plantas como las rosas. Esta disminución de la síntesis de proteínas se refleja en el crecimiento del tejido de las plantas.

Permeabilidad de las membranas

La permeabilidad iónica de la membrana citoplasmática es alterada por diversas sustancias alelopáticas. El ácido ferúlico provoca pérdidas considerables K del plasmalema y del tonoplasto de las células y los compuestos fenólicos aumentan la permeabilidad de las membranas a los iones, particularmente a los de K. Los ácidos fenólicos provocan pérdidas considerables de K de los tejidos de las plantas (Puente, 1998).

Naturaleza de las sustancias alelopáticas

Putnam (1995) clasifica los aleloquímicos, señalando entre ellos: Ácidos orgánicos simples solubles en agua, ácidos grasos de cadenas largas, antroquininas y quinonas simples, cumarinas, ácido benzoico y sus derivados, ácido cianamídico y sus derivados, ácido cianhídrico y sus derivados, alcoholes, aldehídos alifáticos, taninos hidrolizables, terpenoides y esteroides, fenoles simples, flavonoides, cetonas, lactosas simples saturadas, purinas y nucleósidos, aminoácidos y polipéptidos y misceláneas.

Sampietro (2001) señala que las vías de liberación de agentes alelopáticos al entorno pueden ser: Volatilización, lixiviación, exudación radical y descomposición de residuos vegetales.

-La volatilización es un modo de liberación frecuentemente observada en los ecosistemas de desiertos y mediterráneos donde las altas temperaturas y la presión competitiva de las especies en sus hábitats son determinantes. Los compuestos liberados actúan como insecticidas y disuasivos alimenticios, con larga persistencia en su efecto, dada la facilidad de quedar adsorbidos por las partículas del suelo.

-Los compuestos que son sustraídos por el riego o la lluvia, la nieve, la niebla y/o el rocío, desde tejidos frescos de plantas o residuos secos de estas, son lixiviados, y emplazados en los lugares donde ejercen su acción alelopática sobre otros organismos.

-Los exudados radiculares comprenden del 2-12% del total de los fotoasimilatos de la planta. Esto tiene especial connotación, pues la liberación de toxinas por esta vía, se piensa sea una de las formas en que las malezas afectan el crecimiento y desarrollo de la mayoría de los cultivos. Entre los factores que afectan la producción de

exudados radiculares se encuentran la edad de la planta, su estado nutricional, la luz y la humedad.

-La toxicidad generada por la descomposición de residuos vegetales origina problemas y oportunidades a agricultores en general. La incorporación de restos previa siembra de otro cultivo es una práctica usual que puede provocar retrasos en la germinación, desarrollo y disminución del rendimiento agrícola y biológico de las cosechas, o por el contrario estimular una que otra fase del desarrollo y proveer un efecto negativo a las malezas que habitualmente crecen junto a nuestros cultivos. En el proceso de descomposición se consideran importantes la naturaleza de los residuos, el tipo de suelo y condiciones de descomposición como la humedad, la aireación, composición de la microflora, así como otras características del suelo. Frecuentemente la actividad microbiana del suelo transforma los compuestos liberados en nuevas sustancias con propiedades a veces potenciadas respecto a las moléculas originales. Naturalmente las sustancias solubles en agua son rápidamente liberadas al suelo durante el proceso de descomposición.

Leicach (2005) citado por Hernández (2007). Explica que la descomposición de restos vegetales en contacto con el suelo es probablemente la fuente más rica de aleloquímicos, y puede contribuir tanto a la autotoxicidad de cultivos, como al control de malezas que afectan el rendimiento de éstos. Muchas formas de manejo agrícola, tales como la siembra directa y los cultivos de cobertura, dejan restos vegetales en el suelo con el fin de evitar el agotamiento y la erosión del mismo

Mecanismo de acción

Según Sampietro (2001) los compuestos fenólicos pueden reducir o incrementar la concentración de ácido indol acético (AIA), auxina natural. Los Monofenoles, ácidos p-hidroxibenzoico, vainílico, p-cumárico y siríngico reducen la disponibilidad del AIA promoviendo su decarboxilación. En contraste muchos di- y polifenoles como los ácidos clorogénicos, cafeínicos, ferúlicos y protocatequico sinergizan el crecimiento inducido por AIA suprimiendo la degradación de la hormona.. Estos resultados sugirieron que existiera un control en los niveles de AIA a través del balance entre

mono- y polifenoles. La enzima polifenoloxidasas 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 correlación con la inhibición de crecimiento inducido por auxinas en secciones de coleoptilo 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.

Varios compuestos fenológicos inhiben la acción de otras fitohormonas, las giberelinas, ya sea por unión a la molécula hormonal o por bloqueo del proceso mediado por las mismas. Se sabe que los ácidos ferúlico, p-cumárico, vinílico y las cumarinas inhiben el crecimiento inducido por giberelinas. Muchos taninos también lo hacen provocando paralelamente una reducción en la síntesis de enzimas hidrolíticas tales como la amilasa y la fosfatasa ácida en endospermos de semillas de cebada. El ácido abscísico (ABA), es una hormona vegetal cuyo incremento en la planta normalmente está asociado a una condición de stress fisiológico. Un stress hídrico conduce a un incremento en los niveles de esta sustancia provocando el cierre de estomas. Aparentemente la cumarina y varios flavonoides tienen actividad antagónica contra el efecto inhibitorio del ABA y estimulan el crecimiento de plántulas de pepino.

Aplicación de la alelopatía en la agricultura

Manejo integrado de plagas:

Los productos naturales tienen múltiples efectos entre los cuales cita los de evitar la acción de insectos o el de atraer insectos, gusanos y agentes vectores de enfermedades y cita tres tipos de control alelopático: Plantas acompañantes Ejemplo: La mejorana sembrada intercalada con hortalizas mejora el sabor de estas y repele el ataque de áfidos en el cultivo de la col. Plantas repelentes: Ejemplo: la caléndula exuda sustancias en sus raíces capaces de eliminar nemátodos en el suelo. El olor

de sus hojas y floración repele de forma efectiva los insectos del fríjol y otros cultivos. Cultivos trampa: Ejemplo: El tabaco, su inflorescencia segrega una sustancia pegajosa que sirve de trampa a insectos voladores y moscas blancas Mejías (1995) El mayor uso de la alelopatía se ha estado desarrollando dentro del manejo integrado de malezas. En este sentido existen dos vertientes principales a tener en cuenta: -El estudio de los efectos que causan los residuos de las malezas después de una cosecha sobre los cultivos siguientes en rotación a fin de elevar los rendimientos y evitar las pérdidas. – La determinación de las plantas cultivables capaces de ejercer efectos de inhibición sobre especies importantes de malezas y así reducir la presión de las indeseables. El primer aspecto es el más que se ha estudiado y aún se sigue investigando, pues la observación del efecto de las malezas sobre las plantas cultivables fue lo que dio origen a esta rama. El segundo aspecto no es más que la alelopatía de plantas cultivables sobre malezas y reviste una importancia primordial, pues consiste en el uso práctico del fenómeno para el control de las malezas a través de un empleo adecuado de los cultivos en rotación o sus asociaciones y uso del material vegetal, es decir, se traduce en una metodología de trabajo para combatir las (García 1997).

Algunos cultivos deben tenerse en cuenta para la rotación y asociaciones ya que sus residuos de cosecha muestran fitotoxicidad sobre algunas malezas, tal es el caso del girasol, la col y el maíz entre otros. Las asociaciones de cultivo pueden realizarse sobre la base de que al menos una especie tenga características alelopáticas sobre las indeseables y ambas sean compatibles lo que proporcionaría una marcada defensa (Chaviano, 2002). Fay *et al.* (1979) plantea que la siembra de cultivos alelopáticos como la avena exuda escopoletina que inhibe el desarrollo de la mostaza.

No todos los cultivos tienen fuertes cualidades alelopáticas sobre algunas o variadas malezas, incluso muchas no la presentan o no han sido estudiadas a fondo, además dentro de un mismo cultivo hay variedades más competitivas y otras que presentan un fuerte carácter alelopático (Lockerman, 1979; Harrison and Peterson, 1986)

Puente (1998) comprobó que la mayor inhibición de los residuos de las plantas ocurre en estados tempranos de descomposición del residuo, mientras que en estados tardíos declina la inhibición, mientras que la estimulación emerge. La inhibición en períodos estimulantes puede ser manipulada a través de una amplia variedad de manejos.

El uso de extractos como vía alternativa en el manejo de herbicidas también ha sido reportado por autores como Labrada (1989), Méndez (1996), García (1997), Puente (1999) en donde da a conocer el comportamiento alelopático de plantas cultivables sobre varias especies de malezas

Puente (1998) realizó un estudio con el objetivo de conocer el comportamiento alelopático del extracto de girasol en la germinación y desarrollo de las malezas asociadas al mismo, donde comprobó el carácter inhibitorio del extracto de este cultivo, sobre: Don Carlos (*Sorghum halepense*), hierba lechosa (*Euphorbia heterophylla*), cebolleta (*Cyperus rotundus*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) y el bleo (*Amaranthus dubius*).

En los últimos cincuenta años el uso indiscriminado de herbicidas ha creado verdaderos problemas ecológicos y medioambientales. Entre ellos se encuentran, el desarrollo de resistencia a herbicidas químicos de más de 235 especies vegetales, la incidencia de especies de malezas más agresivas y relacionadas con especies cultivables y la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, constituyendo esto un peligro cada vez más eminente para la salud humana y animal (Narwal, 1999).

Siendo los aleloquímicos la fuente de las variadas interacciones que pueden dar al traste con una buena práctica en el manejo de los cultivos y malezas, se estima que solo el 3% de unos 400 000 metabolitos secundarios que producen las plantas y microorganismos han sido aislados e identificados y de éstos sólo unos pocos han sido evaluados como herbicidas o biorreguladores (Narwal, 1999).

Una estrategia alternativa para el manejo de malezas en los agroecosistemas es el control mediante la alelopatía, la cual permite reducir la dependencia de los herbicidas. Esta ofrece además una protección adecuada a los cultivos, mejorando el contenido de materia orgánica y la estructura de los suelos, reduciendo la erosión de los mismos.

Ipomoea batatas (L.) Lam. (Boniato) de la familia *Convolvulaceae*, estimado como un cultivo importante en la alimentación del hombre a nivel mundial (Clark y Moyer, 1991); poseen hábitos de crecimiento rastrero y comúnmente invaden extensiones de terrenos, por lo que son consideradas especies invasivas según Lovett (2007), debido en parte, a la actividad fitoquímica que desarrollan (Wu *et al.*, 2006).

Las interacciones interespecíficas que se establecen entre los organismos a través de los aleloquímicos, se incluyen entre los mecanismos de defensas químicas con que cuentan las plantas para enfrentar el ataque de herbívoros y microorganismos patógenos. Clasificándose estas defensas como constitutivas, cuando forman permanentemente parte de los componentes químicos de la especie, y como inducidas cuando solo se producen como respuesta a un daño (Leicach, 2005).

La “Agricultura Sostenible”, es aquel modo de agricultura que intenta proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante el empleo de tecnologías de manejo integrales de forma que se logre una mayor eficiencia biológica del sistema y sea el mismo, ambiental, social y económicamente viable y compatible. Esta definición y las estrategias que de ello se derivan buscan armonizar todos los elementos del Agroecosistema” (Hernández, 2007).

El uso de arropes, cultivos de coberturas, rotación de cultivos e intercalamiento de cultivos son prácticas agrícolas sustentables que sientan sus bases científicas en el conocimiento de las propiedades alelopáticas de las especies cultivables y las malezas. Pudiéndose incluso manejar estas plantas alelopáticas para evitar efectos sobre cultivos o para disminuir la afectación y el crecimiento de malezas. Esto es posible a través de la confección de bioproductos (producción industrial) y

biopreparados (producción artesanal), práctica esta que puede ser muy promisorias en la producción agraria sostenible (Vázquez, 2003).

En el caso del boniato este produce una fitoalexina llamada Ipomeamarona sustancia que protege a la planta de *Ceratocystis fimbriata*. Las fitoalexinas no están presentes habitualmente en una planta sino que como consecuencia de la expansión del patógeno, se producen en gran cantidad. Son agentes antimicrobianos que se producen en cantidad si la planta ha sido expuesta al patógeno, esta se “inmuniza” contra futuros ataques por ese patógeno o por otros patógenos emparentados, según la especificidad de las fitoalexinas, moléculas pequeñas del patógeno que actúan como inductoras de la formación de fitoalexinas Barceló *et al.* (1995) citado por Puerto (2002).

La Sociedad de Ciencia de las Malezas de América (WSSA) destaca a las malezas como una de los factores que más eleva los insumos agrícolas. Así mismo, advierte que para que la agricultura sea sustentable el manejo de las malezas juega un rol significativo. Reconociendo que los cultivos de cobertura alelopáticos están aumentando la atención en esta dirección, pues los mismos evitan la erosión eólica e hídrica, conservan la humedad del suelo, aumentan la materia orgánica e incrementan la fertilidad del suelo a través del reciclaje de nutrientes, mejoran las propiedades físicas del suelo, reducen la pérdida de nutrientes y moderan las temperatura del suelo en las distintas épocas del año (Nagabhushana *et al.*, 2001).

Se ha demostrado que mucho de los extractos vegetales son más efectivos que los productos químicos, un ejemplo de esto es el estudio realizado en la provincia de La Habana donde se evaluaron los extractos de nicotina a 1.5 g/ mL con respecto al estándar Dimetoato aplicado a 0.6 kg / ha para el combate de *Bemisia tabaci* en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Willd.) variedad Campbell 28. Resultando efectivas las concentraciones de nicotina de 3 y 1.5 g/ mL, con valores de efectividad superiores al estándar Dimetoato (Trujillo *et al.*, 1999)

El desarrollo de la alelopatía como ciencia multidisciplinaria ha permitido impulsar el desarrollo agrícola. Así, ha sido posible el uso de patógenos o fitotoxinas de estos en

el control de malezas. También se ha logrado estimular las esporas latentes de hongos no patógenos, importantes en la descomposición de residuos y el control biológico de enfermedades. A través de la biotecnología se explora el desarrollo de variedades de cultivos menos susceptibles a malezas y microorganismos patógenos, mediante la potenciación de sus propiedades alelopáticas. Además, algunas de estas fitotoxinas (aleloquímicos) han podido ser usadas directamente en el control de malezas, otras han servido de molde para la síntesis de nuevos herbicidas menos nocivos y otras sin embargo, pueden proveer de información útil acerca de nuevos sitios de acción molecular en plantas y microorganismos (Rice, 1992). Referente a esto, Lemerle *et al.* (1996) citado por Zheng *et al.* (2007), reflexionan que la transferencia genética de la capacidad de interferencia de varias especies con elevado potencial alelopático a cultivares comerciales podría ser el mayor paso en la actualidad, hacia una producción de cultivos sustentables. Hernández (2007). Estudios realizados por García (2005), señalan que los residuos vegetales de malezas, mezclados con suelo durante la preparación de las tierras para la siembra posterior del maíz, pueden influir sobre el desarrollo del cultivo debido a las sustancias alelopáticas que liberan al descomponerse.

Factores que intervienen en la actividad alelopática

La actividad alelopática como otros fenómenos ecológicos y ecofisiológicos es extremadamente compleja debido a la interacción de diversos factores tanto bióticos, como abióticos. Entre los abióticos se encuentran fundamentalmente las variables ambientales (radiación, temperatura, régimen de precipitaciones, etc.) y las propiedades fisicoquímicas del suelo (textura, composición, materia orgánica, fertilidad, pH, salinidad, capacidad de retención de agua, aireación, etc.). Los factores bióticos lo constituyen en primer lugar las características genotípicas y fenotípicas de las especies donadoras y las receptoras, estando implícito en estas las cualidades y cantidades de los aleloquímicos, las formas de liberación de los mismos, la susceptibilidad y el potencial defensivo que las mismas son capaces de desplegar. En segundo lugar la composición y actividad de la microflora autóctona del suelo, y en tercer lugar estado fitosanitario de las especies determinado por el ataque de agentes patógenos como insectos, hongos, bacterias, virus y organismos

herbívoros en general. Sea como fuese, los factores que influyen en la actividad alelopática, en general modifican las concentraciones de los aleloquímicos en la plantas, como respuesta al estrés biótico, abiótico, o ambos. De manera que las manifestaciones siempre se mueven en sentido de recuperar el equilibrio metabólico en las plantas (Zobel *et al.*, 2002; Vázquez, 2003; Leicach, 2005).

Tagetes erecta (Flor de muerto), es una de las plantas ampliamente conocidas como poseedoras de propiedades fungicidas, nematocidas e insecticidas. Sus propiedades antagonistas se deben a la presencia de compuestos terpenos en sus tejidos y se reportan que el rotar o incorporar los residuos de Flor de muerto o al asociarlo con Chile o tomate, se tiene una reducción significativa en el agallamiento radical ocasionado por nemátodos en hortalizas (Castro *et al.*, 1990).

Factores Abióticos

La producción y liberación de los aleloquímicos por la planta está grandemente afectada por el medio ambiente (Kong *et al.*, 2002). Bajo condiciones aparentemente normales los aleloquímicos en las plantas pueden estar inactivos y las concentraciones pueden ser más o menos estables. Cuando las condiciones ambientales se convierten en estresantes para el desarrollo de la planta (déficit hídrico, radiaciones no óptimas UV, deficiencias minerales, salinidad excesiva, temperaturas extremas, etc.), se modifican los niveles de aleloquímicos, no solo aumentando estos, sino también, el grado de fitotoxicidad (potencialidad) de los mismos. Además de esto el estrés aumenta la susceptibilidad de las especies más sensibles a los aleloquímicos (Reigosa *et al.*, 1999; Zobel *et al.*, 2002; An, 2005; Leicach, 2005).

El Nim (***Azadirachta indica*** A. Juss.), especie originaria de la india, tiene su acción insecticida mundialmente reconocida. Su amplia acción repelente, antialimentario, entre otras permite el control de varias plagas: orugas, pulgones, ácaros, nemátodos y enfermedades causadas por hongos de los géneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Sclerotium* (Mesén, 2002).

También las precipitaciones y el agua de riego pueden modificar las concentraciones de aleloquímicos del suelo, en condiciones de campo. Refiere Ercoli *et al.* (2007),

que entre los más comunes se encuentran los compuestos fenólicos, muchos de los cuales han demostrado ser aleloquímicos muy fitotóxicos. En parte, esto explica la diferencia entre los resultados experimentales en condiciones controladas, comparados con resultados obtenidos en campo. Hernández (2007).

La tendencia a la transformación del medio ambiente obliga a la humanidad a buscar nuevas tecnologías que le permitan producir alimentos sin el deterioro de los ecosistemas, por esta razón, la posibilidad de disponer de bioplaguicidas de origen botánico, es una necesidad del mundo actual y se convierte en una práctica más para el manejo integrado en la búsqueda de una agricultura menos contaminante, sostenible, sustentable, competitiva y equitativa (Castro, 2001).

. Bajo condiciones aeróbicas los residuos orgánicos son rápidamente transformados en nuevos compuestos por la gran actividad que desarrollan los microorganismos, al existir déficit de oxígeno en el suelo, la actividad microbiana se afecta, suprimiéndose la formación de numerosos ácidos orgánicos y ácidos grasos volátiles. Bajo estas condiciones se forman compuestos, la mayoría de los cuales se reportan con actividad tóxica. Entre estos se encuentran: metano, sulfuro de hidrógeno, etileno, ácido acético, láctico, butírico, fórmico y otros. También se forman compuestos fenólicos como siringaldeído, vanilín, ácidos p-hidroxibenzoico y benzoico, varios aminoácidos y muchos intermediarios de igual forma con diversos grados de toxicidad (Narwal, 1994). Además el oxígeno del aire y/o los microorganismos del suelo pueden transformar compuestos inactivos o poco tóxicos en toxinas potentes. La concentración y disponibilidad de aleloquímicos depende del equilibrio entre las velocidades con que estos son absorbidos y liberados de las partículas de suelo. Este proceso, que ocurre en la superficie de esas partículas, depende del tamaño de ellas, de la acidez, de la cantidad de agua y del contenido de materia orgánica, entre otros (Leicach, 2005).

Herbicidas naturales en el manejo de la cero labranza

La práctica de alelopatía merece de nuestra atención cuando se usa el sistema Cero Labranza en vez del cultivo tradicional. Los rastros acumulados después de la cosecha, al descomponerse generan una intensa actividad microbiológica, la cual es

capaz de producir diferentes ácidos orgánicos. Entre estos ácidos se destaca el "ferúlico", el cual puede reaccionar con los ácidos orgánicos que se forman durante la germinación de semillas de malezas, formando un compuesto químico muy activo llamado estireno, el cual es citotóxico. Con esta forma biológica y de bajo costo se pueden controlar la gran mayoría de las malezas dicotiledóneas como bleo, quinguilla, chamico, etc. Los agricultores deben aprovechar estas características que ofrecen los rastrojos sobre el suelo. Es una práctica natural, biológica y lo que es más importante, de bajo costo (Pazmiño, 1999).

Factores Bióticos

La actividad alelopática como otros fenómenos ecológicos y ecofisiológicos es extremadamente compleja debido a la interacción de diversos factores genéticos y ambientales. Así, se ha demostrado dependencia a la potencialidad de la especie donadora, sensibilidad de la especie receptora, los órganos de la planta que contenga los aleloquímicos, el estado fenológico, la forma de liberación de las toxinas al medio, los efectos de la actividad e interacciones bióticas y abióticas que ocurren una vez incorporados los restos al suelo (Rice, 1984 y Vázquez, 2003).

La inhibición o estimulación entre dos especies receptoras puede deberse fundamentalmente a dos cuestiones importantes en el fenómeno alelopático, a las altas concentraciones de los aleloquímicos en los tejidos secos de la planta donadora o a la mayor sensibilidad de la especie receptora a los aleloquímicos presentes en la especie donadora (Nava *et al.*, 2005).

Los compuestos que son sustraídos por el riego o la lluvia, la nieve, la niebla y/o el rocío, desde tejidos frescos de plantas o residuos secos de estas, son lixiviados, y emplazados en los lugares donde ejercen su acción alelopática sobre otros organismos. Las cuantías y las especies químicas lixiviadas dependen fundamentalmente de las características del tejido, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de las fuentes de agua influyente.

La toxicidad generada por la descomposición de residuos vegetales origina problemas y oportunidades a agricultores en general. La incorporación de restos

previa siembra de otro cultivo es una práctica usual que puede provocar retrasos en la germinación, desarrollo y disminución del rendimiento agrícola y biológico de las cosechas, o por el contrario estimular una que otra fase del desarrollo y proveer un efecto negativo a las malezas que habitualmente crecen junto a nuestros cultivos. En el proceso de descomposición se consideran importantes la naturaleza de los residuos, el tipo de suelo y condiciones de descomposición como la humedad, la aireación, composición de la microflora, así como otras características del suelo. Frecuentemente la actividad microbiana del suelo transforma los compuestos liberados en nuevas sustancias con propiedades a veces potenciadas respecto a las moléculas originales. Naturalmente las sustancias solubles en agua son rápidamente liberadas al suelo durante el proceso de descomposición (Hernández, 2007).

La descomposición de restos vegetales en contacto con el suelo es probablemente la fuente más rica de aleloquímicos, y puede contribuir tanto a la autotoxicidad de cultivos, como al control de malezas que afectan el rendimiento de estos. Muchas formas de manejo agrícola, tales como la siembra directa y los cultivos de cobertura, dejan restos vegetales en el suelo con el fin de evitar el agotamiento y la erosión del mismo (Leicach, 2005).

Es extremadamente difícil demostrar la influencia de la alelopatía en la naturaleza dada la complejidad de la interferencia de las plantas que incluye efectos positivos, negativos y neutros entre las mismas (Christensen, 1993). La interferencia es una combinación de los procesos de competencia por los recursos y la producción de compuestos alelopáticos que suprime los competidores (Duke *et al.*, 2001).

Vázquez (2003) al descomponerse los rastrojos acumulados después de la cosecha, generan una intensa actividad microbiana produciéndose diferentes ácidos orgánicos. Entre estos se encuentra el ácido ferúlico, el cual puede reaccionar durante la germinación, formando un compuesto químico muy activo llamado estireno, el cual es fitotóxico sobre muchas especies de malezas de hoja ancha.

La alelopatía brinda una serie de aplicaciones prácticas ajustables fundamentalmente a agroecosistemas encaminados al desarrollo sustentable. Así, se han propuesto tecnologías de manejo de malezas basadas en arropes, cultivos de

cobertura, cultivos mixtos, rotaciones de cultivos, cultivos trampa y cultivos presa específicos para malezas parásitas, así como la confección de bioproductos y biopreparados a partir de las mezclas de toxinas contenidas en tejidos de plantas y microorganismos. En todo ello media el conocimiento aportado por la alelopatía referente al estudio de las interacciones entre plantas (Narwal, 1994).

Muchas especies cultivadas pueden ser utilizadas en el control de malezas. Así mismo puede establecerse en suelos en barbecho cultivos alelopáticos no más con el fin de incorporarlos al suelo como abonos verdes. Además puede asociarse a otros cultivos o establecerse como cobertura viva en algunos cultivos, los cuales generalmente resultan estimulados en su crecimiento o en otra de sus fases fenológicas o simplemente no afectados por los aleloquímicos liberados por estas. Así lo refiere el Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Coberturas (2004), el cual advierte que las toxinas liberadas por los cultivos de cobertura, llamados aleloquímicos, han tomando importancia entre las prácticas de reducción de malezas. Estas técnicas en el control de malas hierbas, llamadas “Sistemas de Corte y Cobertura” son ejemplos valiosos de prácticas sostenibles que no causan casi daños comparados con los “Sistemas de Corte y Quema” y disminuye los insumos externos. Citando como ejemplo las leguminosas más utilizadas en Latinoamérica en los últimos tiempos: *Dolichos lablab*, *Vicia faba* y *Phaseolus coccineus*. Estos además incorporan cientos de quilogramos de nitrógeno por hectárea, lo que los ubica en una función importante como restaurador de la fertilidad de los suelos agotados.

Aunque los extractos y residuos aplicados al suelo, en condiciones de campo, no ha demostrado ser efectivamente prácticos como regulador de malezas y cultivos, con el empleo de algunos *mulchs* con demostrada actividad alelopática si ha sido posible reducir significativamente la infestación de malezas en cultivos desarrollados bajo sistemas de cero labranza (Hernández, 2007).

En algunos países, se ha mantenido el uso tradicional y con éxito de plaguicidas naturales tales como: Los piretroides que se obtienen a partir del crisantemo, los rotenoides preparados a partir de algunas especies de Faboideae y las nicotinas del

género *Nicotiana*, por lo que los consorcios químicos se han dedicado a la producción de plaguicidas con principios activos que son análogos sintéticos de estas sustancias naturales, por ejemplo: cypermethrin (Zeneca agrochemicals, Inglaterra y Rhone poulenc, Francia), deltamethrin (Agrevo sp., Alemania), permethrin (Zeneca agrochemicals, Inglaterra) imidacloprid (Bayer AG, Alemania) todos autorizados en Cuba. Cuando se trata de estructuras moleculares muy complejas cuya síntesis es difícil y costosa han continuado utilizando la fuente natural para preparar formulaciones, tal es el caso de la azadirachtina que se obtiene a partir del árbol del Nim y que constituye el ingrediente activo de Margosan-O, Azatina, BioNeem, Aling, NeemAzal y Safer BioNeem formulaciones elaboradas en Estados Unidos, Inglaterra y Alemania. En poner a punto la fabricación de formulados como OleoNim 50 CE, OleoNim 80 CE, CubaNim-SM, Cuba Nim-T, lo cuales podrán ser utilizados para controlar varias plagas en más de 14 cultivos (Pérez y Vázquez, 2004).

Las plantas podrían ser fuentes menos ricas en compuestos herbicidas que en aleloquímicos con actividad insecticida y fungicida, lo cual es de esperar, pues en la naturaleza la presión de selección que ejercen las plantas vecinas es generalmente menor que la que ejercen los insectos y microorganismo patógenos (Hogland y Cutler, 2000).

Efectos fitotóxicos de *I. batatas*

Torres *et al.* (2003), al estudiar el efecto de *Ipomoea batatas* (L.) Lam. sobre malezas y cultivos comprobó un fuerte efecto inhibitor sobre el crecimiento del Frijol, tanto en condiciones controladas (en forma de extractos) como de campo (restos incorporados al suelo), mientras estimuló el crecimiento de los demás cultivos estudiados (Melón, Calabaza, Pepino, Maíz y Rábano). Sin embargo los restos de esta especie inhibieron la germinación y el crecimiento (masa fresca y seca) de malezas como Bledos, Verdolaga, Metebravo y Hierba lechosa (*Euphorbia heterophylla* L.). También Chon y Boo (2005), comprobaron un efecto inhibitorio de extractos de partes del boniato sobre el crecimiento radicular de Alfalfa (*Medicago sativa* L.), efecto que fue mayor para los extractos de hojas, seguidos por los de

tallos y los de raíces. De lo cual sugirieron que la planta de boniato es potencialmente alelopática, dependiendo su actividad de la parte de la planta que se utilizara y del color de la peridermis.

Peterson *et al.* (2002) detectaron al menos 8 fracciones de extractos de cortex de Boniato que inhibían la germinación de *Panicum milliaceum* L. (Millo), encontrándose altos niveles de ácidos grasos como el ácido palmítico (C-16, saturado), ácido linoléico (C-18, 2 insaturaciones), ácido linolénico (C-18, 3 insaturaciones), así como ácidos saturados e insaturados de veintidós carbonos. Más adelante se detectó la presencia de ácidos caféico, clorogénico, *p*-cumárico, *trans*-cinámico e isómeros del ácido dicafeoil químico, los cuales se hallaban hasta en un 96% del total de los fenoles, así como niveles elevados de cumarinas como la escopoletina y su glucósido, escopolina (Chon y Boo, 2005; Harrison *et al.*, 2006, Peterson *et al.*, 2005). Este último autor agrega de su estudio que algunos compuestos presentes en raíces de boniato llegan a producir más de un 85% de inhibición del crecimiento de *Erwinia chrysanthemi*, lo que sugiere que el ácido cafeico presente en estos tejidos protege a las raíces frente a las bacterias.

Los extractos de los restos de cosechas del boniato a una determinada concentración, poseen un efecto significativo en el crecimiento del tallo, la raíz, la masa fresca y seca de diferentes cultivos, como el maíz, la calabaza, el melón y el sorgo, en sus primeras fases de desarrollo(Puerto, 2002 , González, 2005).

El género lo forman en su mayoría especies herbáceas rastreras. La especie *Ipomoea batatas* (L.) Lam. es una planta herbácea, lechosa, de raíces gruesas; tallo lampiño o casi, rastrero, de 1 m o más. Sus hojas son de variadas formas, desde aovadas hasta suborbiculares, enteras, sus bordes dentados o lobulados, acuminadas en el ápice, acorazonadas en la base, de 5-15 cm; pedúnculos tan largos como los pecíolos o menos, paucifloros; sépalos oblongos, agudos, cuspidados, algo desiguale, de 7-10 mm; corola purpúreo-pálido a blanca, de unos 5 cm; ovario y cápsula 2-loculares, semillas lampiñas, menos espontánea después del cultivo; ampliamente cultivada y más o menos espontánea en regiones tropicales. Oriunda de América Tropical (Sauget y Liogier, 1957).

Estudios realizados por Harrison *et al.* (1986), demostraron que el cultivo del boniato presenta efectos estimuladores del crecimiento del tallo sobre especies hortícola como el caso de la cebolla y el tomate. Además es considerado un competidor extremadamente exitoso en la germinación de las malezas, pues contiene aleloquímicos que interfieren el crecimiento de estas, demostrando así su efecto Alelopático en la germinación de las malas hierbas.

3. Materiales y Métodos.

El trabajo fue realizado en el período de enero a abril del 2008 en la finca “La Valet” perteneciente a la CCS “Damián Cabrera” en el municipio de placetas. Se montó un experimento en condiciones de producción para determinar el efecto de los residuos de *Ipomoea batatas* (L). Lam. (Convolvulaceae) sobre el crecimiento de los cultivos cebolla y rábano en condiciones de producción. Además se evaluaron la actividad de los microorganismos del suelo para saber el efecto sobre los mismos.

3.1. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre la germinación y crecimiento de malezas y los cultivos de cebolla y rábano en condiciones de campo.

Se colectaron tallos y hojas de *I. batatas* (Clon CEMSA 78-354), se secaron al aire libre por varios días. Luego se molió en molino de martillo y se almacenó en bolsas de papel hasta su uso. Se homogeneizó el suelo de forma manual en los primeros 5 cm de profundidad para distribuir uniformemente las semillas en toda el área tratada. Se construyeron parcelas experimentales de 0,3 m². Posteriormente se incorporaron manualmente los residuos en el suelo en las dosis de 150%, 100%, 75%, de residuos y un control al cual no se le aplicó restos. El 100% de residuos coincidió con la media de masa seca de restos encontradas por cada metro cuadrado de una plantación de *I. batatas*. Una vez aplicado los residuos se realizó un riego y al otro día se procedió a sembrar las semillas, el riego se efectuó diariamente. A los 15 y 30 días de montado el experimento, se realizaron conteos de malezas totales por parcela. A los 45 días se midió la biomasa seca de malezas producida por parcelas. A los 45 días se cosecharon 40 plantas de cebolla por tratamiento y se le midieron altura de la planta, número de hojas y diámetro de la hoja más larga. A los 35 días se recogieron 40 plantas de rábano por tratamiento y se le midieron altura de la planta, altura y diámetro del tubérculo y peso del tubérculo.

Los datos fueron procesados en el paquete estadístico Statgraphics v. 5.0, realizándose análisis de varianza simple (ANOVA) y la prueba de Duncan para un 5% de significación.

3.2. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre el la actividad microbiana del suelo.

Antes de aplicar los residuos se muestreó el suelo y se le determinó las poblaciones de Hongos, Bacterias, Actinomicetos, Bacterias solubilizadoras de fósforo y *Azotobacter spp.* A los 35 días se tomaron nuevamente muestras del suelo bajo tratamiento y del control o testigo sin tratar pero plantado con los cultivos en cuestión, y se les midieron el número de unidades formadoras de colonias por el método propuesto por Vinogradsky tomado de Mayea *et al.* (1982). Se utilizaron medios de cultivos y diluciones según los microorganismos a ensayar, partiendo de 1g de suelo en 9 mL de agua (1/10) como dilución inicial. Se incubaron a 28°C y se evaluaron en el tiempo según su crecimiento. Para lograr las condiciones asépticas adecuadas fueron esterilizadas las placas en estufa (calor seco) a 170°C por 1,5 horas. Los medios de cultivos utilizados fueron: Agar de glicerina peptona (Bacterias), Agar de rosa bengala (Hongos), Agar almidón amoniacal (Actinomicetos), Medio de Pikovskaya (Bacterias solubilizadoras de fósforo), Solución fosfato manitol Asbbys (*Azotobacter*) (Anexo 1).

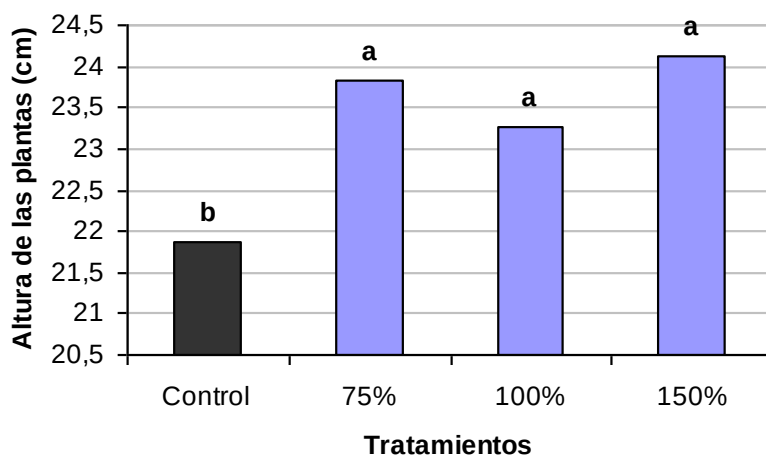
4. Resultados y Discusión.

4.1. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre el crecimiento de cebolla y rábano en condiciones de campo.

Cebolla.

Los residuos de *I. batatas* estimularon un 10% más la altura de las plantas de cebolla comparadas con las plantas no tratadas. No existieron diferencias significativas entre las dosis de restos empleadas y si con el testigo (Figura 1).

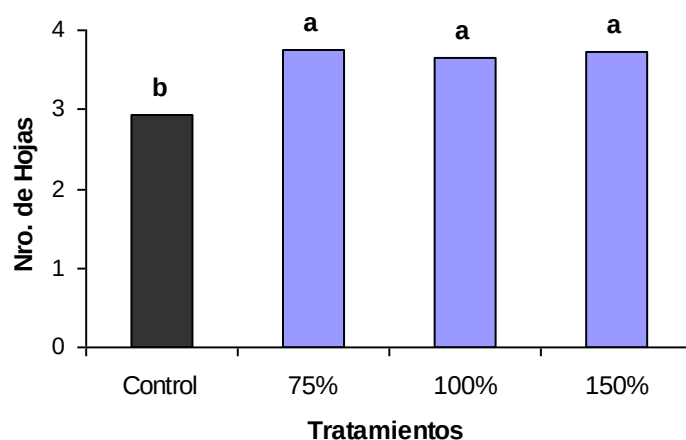
Estos resultados coinciden con los obtenidos por Torres *et al.* (2003) al aplicar residuos de *I. batatas* (Boniato) en dosis de 75 y 100% de residuos, en condiciones experimentales de campo. Obteniendo una estimulación del crecimiento del tallo en plántulas de *Cucumis melo* L. (melón de castilla), *Zea mays* L. (maíz), *Sorghum bicolor* (L). Moech. (sorgo) y *Cucumis sativa* L. (pepino)..



Medias con letras desiguales difieren por Duncan para $p < 0,05$

Figura 1. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre la altura alcanzada por las plantas de Cebolla.

También se observó un efecto estimulante de los residuos de *I. batatas* sobre el número (Figura 2) y diámetro de las hojas (Figura 3) de las plantas de cebolla, efecto que evidencia que las plantas tratadas crecieron con mayor vigor comparadas con las no tratadas. El efecto estimulante observado no varió con el aumento de las dosis de residuos incorporados al suelo. Al respecto, An *et al.*, (2005) encontró un modelo dosis respuesta para el estudio de los efectos alelopáticos, del cual se deduce que la actividad estimulante del extracto acuoso puede ser debida a que en la proporción de macerado (peso/volumen) de la muestra se logró un punto de concentración de los aleloquímicos, cercano al máximo de actividad estimulante (punto máximo en el área de estimulación).

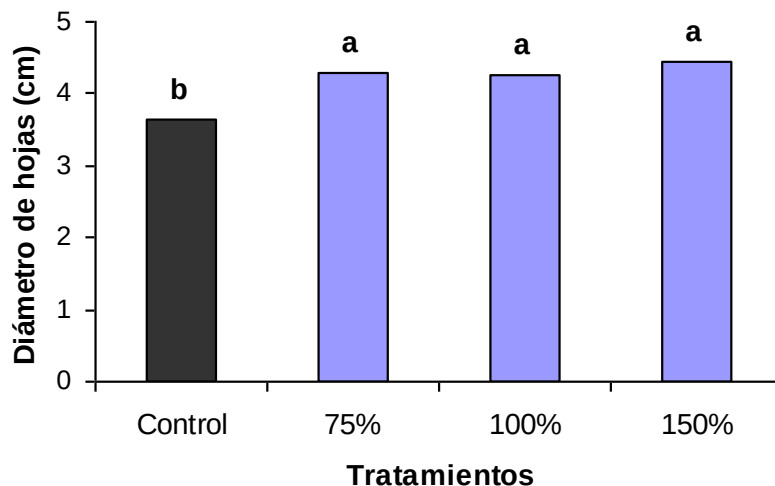


Medias con letras desiguales difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 2. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre el número de hojas de las plantas de Cebolla

Respecto a esto también Torres *et al.* (2003) obtuvo un estímulo del número de hojas de las plantas de rábano. Hernández (2007) obtuvo un efecto inhibitorio del crecimiento del epicótilo de cebolla sin afectar a otros cultivos cuando aplicó residuos de boniato en dosis de 25, 50 y 100%, sin embargo comprobó un efecto estimulativo del largo de la radícula de las plántulas de cebolla lo cual incrementó con el aumento de la dosis. Resultados similares obtuvieron Obaid y Qasem (2005) al probar los residuos de *Portulaca olearaceae* L. sobre diferentes cultivos, con lo que logró inhibición de la altura de la planta de cebolla, efecto que fue insignificante al emplear los residuos de *Convolvulus arvensis* L.. Esta respuesta diferente depende

entre otros factores de las condiciones de descomposición de los residuos en el suelo, el tipo de suelo e inclusive el manejo (fase fenológica de colecta, secado y almacenamiento) de los residuos de estas plantas.



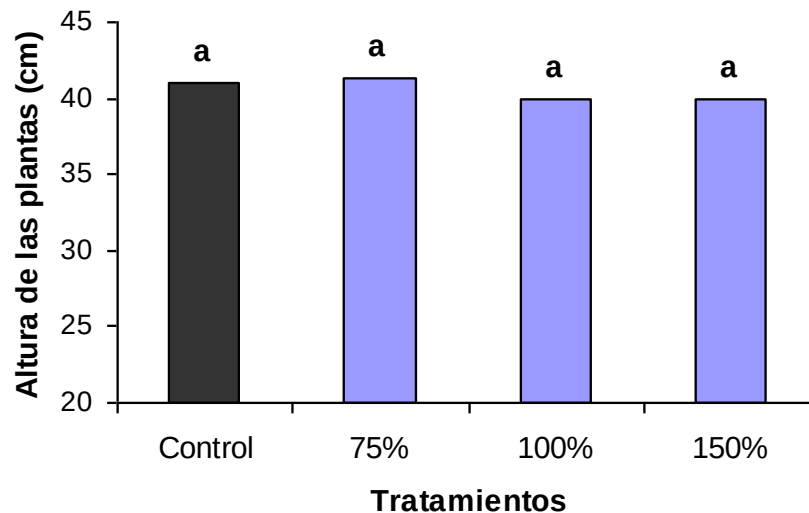
Medias con letras desiguales difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 3. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre el diámetro de las hojas de las plantas de Cebolla.

Especial atención debe prestarse a las condiciones del suelo, por ejemplo a las condiciones de aeración y tipo de suelo, pero de forma determinante a la composición y actividad de los microorganismos del suelo (John *et al.*, 2006), los cuales se encargan de descomponer los residuos en el suelo, obteniéndose en muchas ocasiones nuevas sustancias producto de la transformación química de moléculas. Los compuestos fenólicos presentes en el tejido vegetal regulan los niveles de auxinas, por influencia sobre la oxidasa del IAA y la actividad de esta enzima está correlacionada negativa o positivamente con el crecimiento de las plantas (Jova, 2006).

Rábano.

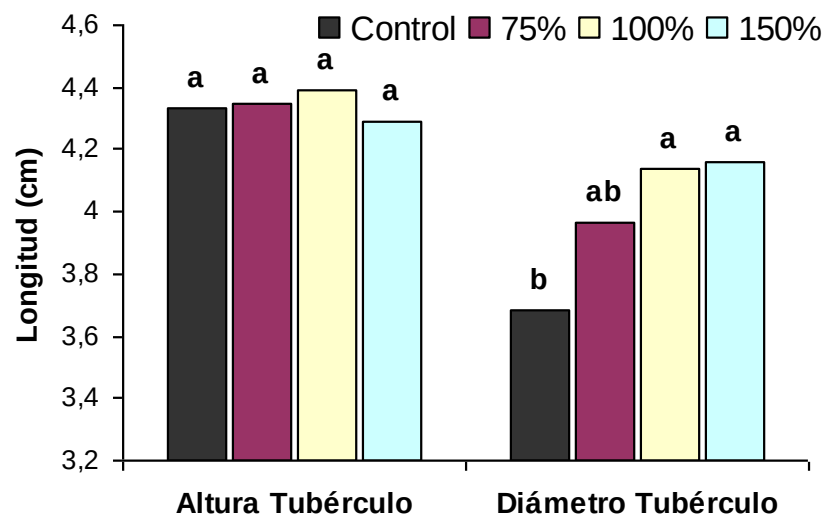
No existieron diferencias significativas en la altura de las plantas de rábano frente a las dosis de residuos de *I. batatas* empleadas, ni de estas con las plantas no tratadas (Figura 4).



Medias con letras desiguales difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 4. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre la altura de las plantas de rábano.

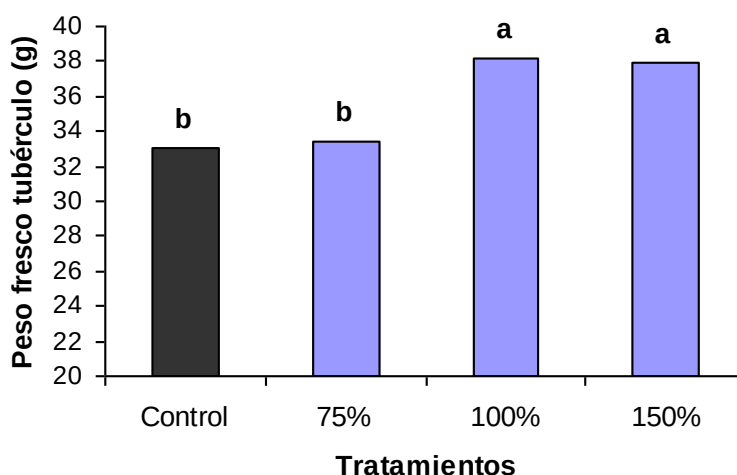
Hernández (2007) obtuvo un efecto inhibitorio sobre el crecimiento del hipocótilo de rábano al probar las dosis 50% y 100% de residuos de *I. batatas*. Aunque la altura de la planta no se modificó, y en ello coincide con nuestro trabajo. Esa reducción en el crecimiento del hipocótilo puede ser la causa del incremento en el diámetro del tubérculo, el cual aumentó con el incremento de la dosis., mientras la dosis de 75% de residuos no afectó esta variable. La altura del tubérculo no varió con los tratamientos aplicados (Figura 5).



Para Altura y Diámetro del tubérculo: medias con letras desiguales difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 5. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre altura y diámetro del tubérculo de las plantas de rábano.

El engrosamiento producido en los tubérculos de rábano por la influencia de las dosis de residuos de 100 y 150%, está en concordancia con el incremento de biomasa fresca de los tubérculos de las plantas tratadas con respecto a las no tratadas (Figura 6). La dosis de 75% de residuos no produjo efecto significativo sobre el crecimiento del tubérculo de rábano.



Medias con letras desiguales difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 6. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre el peso fresco del tubérculo de las plantas de rábano.

El efecto alelopático inhibitorio de los cultivos precedentes en rotaciones de cultivos es algo muy conocido. Einhellig (1995) demuestra que los aleloquímicos liberados por los residuos en descomposición de girasol, inhibían el rendimiento del sorgo en rotación a través de la interferencia provocada sobre el balance hídrico. Se demuestra que los rendimientos de papa son mayores cuando se siembran después de tabaco que de maíz, mientras que los granos pequeños (arroz, sésamo) se dan mejores al sembrarlos después de papa que de tabaco (Narwal, 1994).

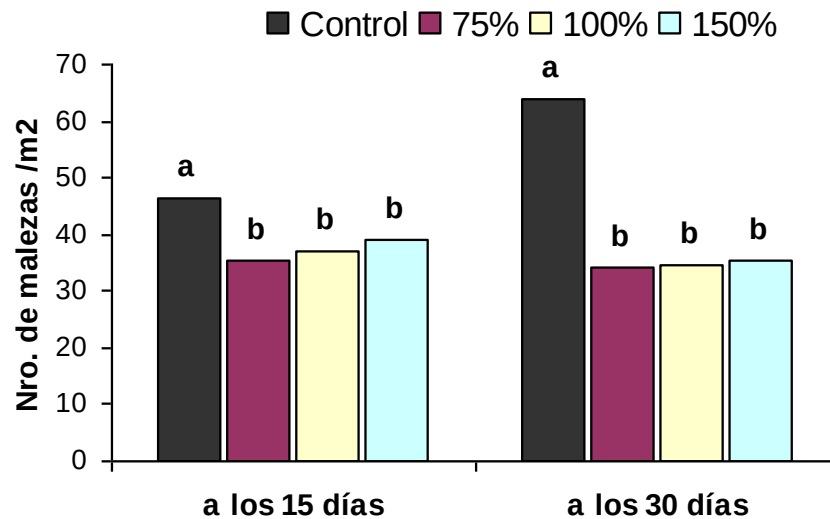
Efectos de *I. batatas* sobre las malezas emergidas en el cultivo de cebolla.

Desde los 15 días de sembrada la cebolla se constató un efecto inhibitorio sobre la germinación de semillas de malezas (Figura 7), efecto que persistió hasta los 30 días en que se repitió la evaluación. No se pudo comprobar en ninguno de los dos momentos un efecto de las dosis, las cuales no se diferenciaron significativamente entre sí. Torres et al (2003) y Fernández (2006) demostraron que los residuos de *I.*

batatas tenían un fuerte efecto inhibitor sobre la germinación de malezas hasta los 35 días posteriores al tratamiento, lo que muestra una plena coincidencia con los resultados de esta investigación. Pazmiño (1999) destaca que el ácido "ferúlico", presente en extractos de *I. batatas* puede reaccionar con los ácidos orgánicos que se forman durante la germinación de las semillas de malezas, produciendo un compuesto químico muy activo llamado estireno, el cual es citotóxico.

De forma general las malezas más abundantes fueron *Lagascea mollis* Cav. (romerillo cimarrón), *Commelina* sp. (canutillo), *Urochloa fasciculata* (Sw.) R.D.Webster (*B. fasciculata* (Sw.) Blake.) (súrbana), *Echinochloa colona* (L.) Link. (metebravo), (escobamarga) y *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (yerba fina). En menor cuantía se observaron especies como *Cyperus rotundus* L. (cebolleta), *Amaranthus* sp. (bledo) y *Portulaca oleracea* L. (verdolaga).

Se observó un menor número de malezas emergidas en los tratamientos testigos (Cultivo + Malezas) de cebolla que de rábano. Esto apunta a un posible efecto alelopático inhibitorio de la especie cebolla sobre las malezas comparado con el menor efecto demostrado por el rábano (Figuras 7 y 9). Si se observa solamente, como ejemplo, el enmalezamiento a los 30 días, cuando el cultivo era cebolla (Figura 7) y a esa misma edad cuando el cultivo era rábano (Figura 9), se puede apreciar como la cebolla sólo permitió 65 plantas de malezas en un m², mientras en rábano alcanzó 85. Suponemos un efecto alelopático, puesto que la cebolla con mucho menor sombreo del suelo que el rábano, hizo un mayor control de malezas, por tanto no se trata de competencia por la luminosidad.

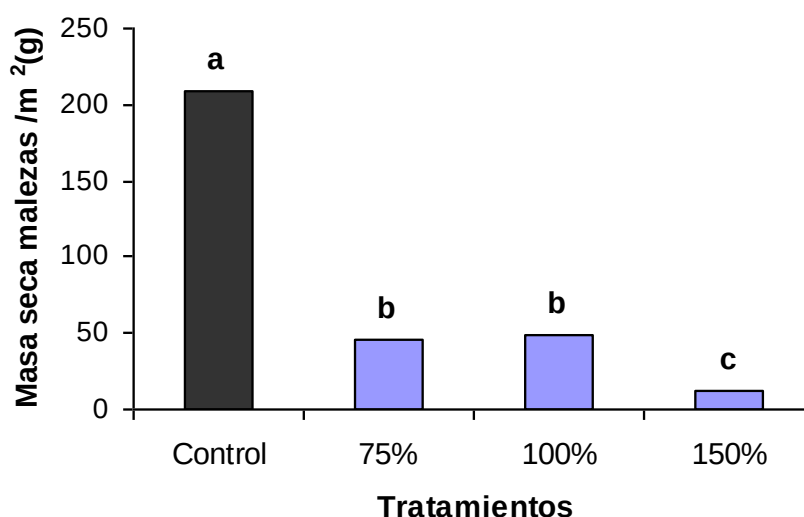


Medias con letras desiguales a los 15 y 30 días difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 7. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre el número de malezas emergidas espontáneamente en el cultivo de cebolla.

Se comprobó efecto inhibitorio sobre el peso seco de las malezas de hasta un 94,5%, alcanzado al emplear la máxima dosis de residuos (150%), la que se diferenció significativamente del resto de los tratamientos (75 y 100%). Los tratamientos 100% y 150% no se difirieron entre sí, aunque lo hicieron con el testigo (Figura 8). Puerto (2002), Torres et al (2003), Fernández (2006) y Hernández (2007) obtuvieron resultados muy coincidentes con este trabajo investigativo, lo que demuestra fehacientemente el potencial de los residuo de *I. batatas* para el control de malezas, y por ende puede representar una alternativa menos dañina al ambiente para disminuir el enhierbamiento en estos cultivos, al menos en plantaciones de pequeña escala. Igualmente Harrison y Peterson (1986) citado por Narwal (1994) comprobó que los extractos de residuos o los residuos de boniato en el suelo produjeron reducción de la germinación y el peso seco de alfalfa hasta 12 semanas después del tratamiento. Se ha demostrado por varios autores la persistencia de los efectos de los residuos en el suelo. Alsaadawi et al. (2001) al incorporar residuos de trigo en el suelo produjo un máximo de inhibición del crecimiento del brote y la radícula de plántulas de arroz a las dos semanas de incorporados, disminuyendo después. Los efectos de los residuos persistieron por más de 7 semanas. Torres et al.

(2006) al probar los efectos inhibitorio de *Phyla strigulosa* Mold. sobre malezas encontró que los efectos persistieron por más de 4 semanas inhibiendo incluso en más del 50% comparado con el testigo. Peterson *et al.* (2002), obtuvo al menos 8 fracciones de extractos de cortex de Boniato que inhibían la germinación de *Panicum milliaceum* L. (Millo), detectando la presencia de ácidos fenólicos como caféico, clorogénico, *p*-cumárico, *trans*-cinámico e isómeros del ácido dicafeoil quínico, los cuales se hallaban hasta en un 96% del total de los fenoles, así como niveles elevados de cumarinas como la escopoletina y su glucósido, la escopolina.



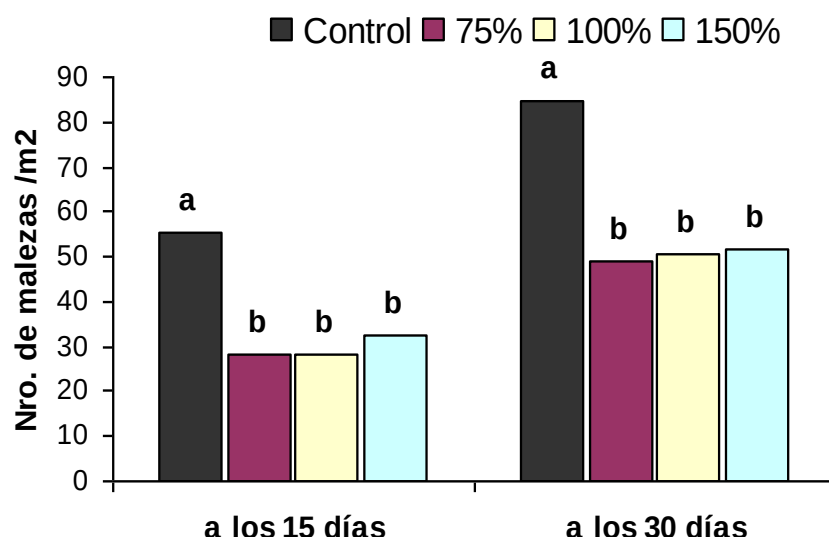
Medias con letras desiguales difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 8. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre la masa seca de malezas emergidas espontáneamente en el cultivo de cebolla.

Efectos de *I. batatas* sobre las malezas emergidas en el cultivo de rábano.

Al aplicarse los residuos en el suelo cultivado con rábano, también se produjo una inhibición de la germinación de malezas, observada desde los 15 días y constatada aún a los 30 días de montado el experimento. A los 15 días se alcanzó hasta un 49,5 % de inhibición, efecto que disminuyó a un 41% aproximadamente a los 30 días. No existieron diferencias significativas entre las dosis de residuos aplicadas en ninguno de los dos momentos evaluados (Figura 9). Puerto (2002), Torres *et al*

(2003), Fernández (2006) y Hernández (2007) obtuvieron resultados similares en la reducción del número total de plantas de malezas por unidad de área tratada con residuos de *I. batatas*.



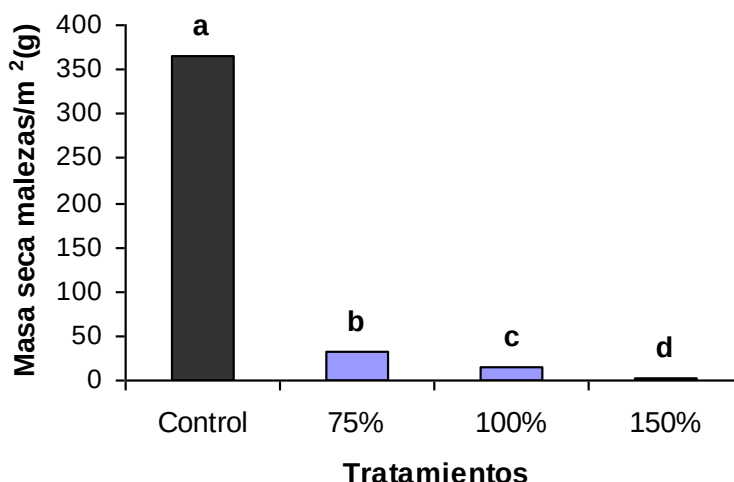
Medias con letras desiguales a los 15 y 30 días difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 9. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre el número de malezas emergidas espontáneamente en el cultivo de rábano.

Sin embargo, cuando se analiza el crecimiento, en términos de biomasa seca, se denota mucho más el efecto de los tratamientos en el control de malezas, pues se redujo hasta un 99% en el caso que se aplicó la dosis máxima de 150% de residuos de *I. batatas*. El análisis reflejó una diferencia estadísticamente significativa entre todos los tratamientos de residuos aplicados y de estos con el testigo. Con el incremento de la dosis de residuos aumentó el efecto inhibitorio sobre el peso seco de malezas (Figura 10). Las malezas que persistieron en un número cercano al 50%, fueron extremadamente más pequeñas y por ende con mucha menor capacidad competitiva, lo cual se deduce de la fuerte reducción en su biomasa seca, como lo muestra la figura 10.

En virtud de su estructura, los metabolitos secundarios son químicamente reactivos, es decir, son aptos para ingresar en los sistemas vivos, interactuar y cambiar las estructuras de los receptores o blancos moleculares y penetrar en la célula donde

pueden afectar varios procesos fisiológicos, como la respiración, la fotosíntesis, la germinación y el nivel hormonal (Anaya y Espinosa, 2006).



Medias con letras desiguales difieren por Duncan ($p < 0,05$)

Figura 10. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre la masa seca de malezas emergidas espontáneamente en el cultivo de rábano.

En el sur de China, los residuos de *Ageratum conyzoides* son empleados tradicionalmente como abono verde para incrementar los rendimientos de cultivos y controlar malezas. Algunos efectos alelopáticos de estos restos han sido observados hasta 30 días después de incorporados en el suelo (Chen *et al.*, 2002).

4.2. Efecto de los residuos de *I. batatas* sobre la actividad microbiana del suelo.

La aplicación de residuos de follaje al suelo mejoró las poblaciones de hongos y bacterias totales, actinomicetos y hongos celulolíticos en el cultivo de la cebolla y tuvo tendencia a la reducción de las bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF) con respecto al testigo sembrado de cebolla pero sin residuos. Sin embargo la presencia de cebolla y malezas en el testigo redujo las poblaciones de hongos totales y celulolíticos con respecto al suelo no sembrado (Tabla 1). Similar resultado se muestra en el suelo sembrado de rábano, con la diferencia que en este caso el rábano+ malezas deprimió también a las BSF, lo cual no se observó en cebolla

(Tabla 2). Ello parece indicar que puede existir también cierto efecto alelopático provocado por las plantas cultivadas y/o las malezas que se desarrollan en las parcelas control.

Tabla 1. Poblaciones de microorganismos en el suelo antes de sembrar cebolla y 40 días después de la siembra con la incorporación al suelo de los residuos de *I. batatas*.

Tratamientos	Unidades Formadoras de Colonias / g de suelo					
	Hongos	Bacterias	<i>Azotobacter</i> spp.	B.S.F.	Hongos Celulolíticos	Actinomicetos
Antes de sembrar	6.1×10^5	4.1×10^6	4.5×10^4	5.8×10^5	2.5×10^5	2.1×10^5
0% (Control)	5.5×10^4	5.7×10^7	2.9×10^5	8.2×10^5	1.1×10^5	3.9×10^5
75%	4.7×10^5	6.7×10^7	1.1×10^6	5.9×10^5	2.3×10^5	4.5×10^5
100%	6.1×10^5	7.9×10^7	8.7×10^5	1.7×10^5	2.5×10^5	8.9×10^5
150%	1.7×10^6	9.8×10^7	7.8×10^5	1×10^5	3.1×10^5	1×10^6

Tabla 2. Poblaciones de microorganismos en el suelo antes de sembrar rábano y 40 días después de la siembra con la incorporación al suelo de los residuos de *I. batatas*.

Tratamientos	Unidades Formadoras de Colonias / g de suelo					
	Hongos	Bacterias	<i>Azotobacter</i> spp.	B.S.F.	Hongos Celulolíticos	Actinomicetos
Antes de sembrar	6.1×10^5	4.1×10^6	4.5×10^4	5.8×10^5	2.5×10^5	2.1×10^5
0% (Control)	5.3×10^5	7.2×10^6	5.1×10^5	2.6×10^5	1.7×10^5	2.8×10^5
75%	9.9×10^5	5.6×10^7	1.2×10^6	2.9×10^5	2.6×10^5	4.9×10^5
100%	1.5×10^6	6.2×10^7	1.3×10^6	3.5×10^5	3×10^5	6.5×10^5
150%	1.3×10^6	1.3×10^8	1.2×10^6	2.3×10^5	2.8×10^5	7.3×10^5

Mallik (1999) al aplicar extractos de *Ipomoea lacunosa* L. obtiene una reducción de 23% de los nódulos presentes en las plantas de soya, probablemente debido a la presencia de ácidos fenólicos. Feng-Zhi et al (2007) encontró que el ácido cinámico incrementó la actividad microbiana entre los 16 y 24 días posteriores a su aplicación

y asegura que el cambio en contenido de este ácido fenólico en el suelo se debe a la interacción entre plantas y microorganismos del suelo.

Algunos compuestos contenidos en las raíces de *I. batatas* pueden inhibir en más de un 80% el crecimiento de bacterias, específicamente *Erwinia chrysanthemi*. Implicándose a los ácidos fenólicos contenidos en estos tejidos con el efecto observado (Harrison *et al.*, 2006).

Los residuos de *I. batatas* incorporados en el suelo no tuvieron efecto sobre los hongos, bacterias, hongos celulolíticos y *Azotobacter* spp., sin embargo estimularon las poblaciones de actinomicetos Hernández (2007). Los extractos acuosos de otras plantas inhibieron el crecimiento y desarrollo de hongos patógenos tales como *Fusarium solanii* Slecht. y *Rhizoctonia solanii* Kuhn. bajo condiciones de laboratorio (Puente *et al.*, (2005).

5. Conclusiones.

1. Los residuos de *I. batatas* estimularon el crecimiento de las plantas de cebolla, sin diferencias entre las dosis aplicadas.
2. Se estimuló el diámetro y el peso de los tubérculos de rábano, sin afectar la altura de la planta. Las dosis 100% y 150% fueron más efectivas en el incremento del peso del tubérculo.
3. Los residuos de *I. batatas* inhibieron significativamente la germinación y la masa seca de las malezas asociadas a ambos cultivos.
4. Los residuos de *I. batatas* estimularon las poblaciones de microorganismos en el suelo excepto las poblaciones de bacterias solubilizadoras de fósforo.

6. Recomendaciones.

1. Probar el efecto de los residuos de *I. batatas* en otras condiciones experimentales que permita discernir cuales especies de malezas son afectadas por los residuos y cuales no.
2. Probar el efecto de los residuos de *I. batatas* sobre las malezas y los cultivos en otro tipo de suelo.
3. Comprobar si los cultivos de cebolla y rábano por sí solos ejercen control sobre malezas y microorganismos
4. Aplicar residuos de *I. batatas* para el control de malezas en pequeñas áreas hortícolas donde se planten cebolla y rabanito como una alternativa al control manual, mecánico y químico, de más bajo costo económico y ambiental.

7. Bibliografía.

1. Aguilar, R. (2003). Evaluación del efecto alelopático de *Nicotiana tabacum* L. Tesis en opción al grado académico de Máster en Agricultura Sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Julio 2003. 57 pp.
2. Alsaadawi, I.S., Al-Ekelle, M.H.S. and Al-Hamzawi, M.K. (2005). Allelopathic potential of *Sorghum bicolour* L. (Moench.) genotypes against weeds. EN: *Fourth World Congress on Allelopathy*, (Harper, J.D.I., An, M., Wu, H. and Kent, J.H.) [en línea]. Australia. Recuperado en: http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2537_alsaadawiis.htm#ToPage [22/6/2007].
3. An, M. (2005). Mathematical modelling of dose-response relationship (Hormesis) in allelopathy and its application. *Nonlinearity in Biology, Toxicology, and Medicine*, **3**: 153–17 p.
4. An, M., Pratley, J. E., Haig, T (2005). Whole-range assessment: a simple method for analysing allelopathic dose-response data. *Nonlinearity in Biology, Toxicology, and Medicine*, **3**: 245–260 p.
5. Anaya A. L. (1998a). La Alelopatía: Sutil mecanismo de comunicación química entre organismos. *Ciencia Hoy*, **23**: 61-66 p.
6. Anaya, A. L. (1998b). Control de malezas en los agroecosistemas tradicionales de México. En: *Agricultura y sociedad en México. Diversidad, enfoques, estudios de casos*. (Edts. González, A. y Del Amo, S.). México/ Plaza y Valdés S.A. y de C.V. 61-77 p.
7. Anaya, L. y Espinosa, G, F, J. (2006). La química que entreteje a los seres vivos. “Ciencias 83”. Mexico. 10 p.
8. Bowen, J.E. (1991). Las alelopatías en la producción agrícola. *Agricultura de las Américas*, **40** (1): 8-11 p.
9. Castro A, A. E.; E. Zavaleta y Zamudio, V. G. (1990). Efecto de la asociación de cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) con tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y chile (*Capsicum annum* L.) sobre poblaciones de áfidos en

- Tecamachalco, Puebla. Revista Mexicana de Fitopatología, **8**: 198-200 p.
10. Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO). (2004). *¿Qué son abonos verdes y cultivos de cobertura?*, [En línea]. Tegucigalpa / Honduras. Recuperado en: http://www.cidicco.hn/especies_av_cc.htm [23/1/2007].
11. Chen, J.J., Kong, C.H. Hu, F., Tan, Z.W. and Liang, J.N. (2002). Allelopathy of *Ageratum conyzoides*. Allelopathic effects of residues on peanut and related weeds in the field. Acta Ecologica Sinica **22**: 1196-1201 p.
12. Chon, S.U. and Boo, H.O. (2005). Difference in Allelopathic Potential as Influenced by Root Periderm Colour of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*). Journal of Agronomy and Crop Science, **191** (1): 75–80 p.
13. Christensen, S. (1993). *Weed supression in cereal varieties*. Min. Agric. Statens Planeavlsforsog. Denmark. N° 1. Tesis Ph. D.: 104p.
14. Duke, S. O., Scheffler, B. E., Dayan, F. E., Weston, L. A. y Ota, E. (2001). Strategies for using transgenes to produce allelopathic crops. Weed Tech., **15**: 826-834 p.
15. Einhellig, F. A. (2004). Mode of allelochemical action of phenolic compounds. In: *Allelopathy: Chernistryand Mode of Action of Allelochernicals*, (Eds., F. A. Macías, . C. G. Galindo, M. G. Molinillo and H. G., Cutler), CRC Press, Boca Raton, FL, USA: 217-38 pp.
16. Einhellig, F.A. (1995). En Allelopathy. Organisms, processes and applications. (Inderjit, Darkshini y Einhelling Ed), American Chemical Society, Washington, D. C. (582).1-24 p.
17. Ercoli, L., Masoni, A., Pampana, S. and Arduini, I. (2007). Allelopathic effects of rye, brown mustard and hairy vetch on redroot pigweed, common lambsquarter and knotweed. Allelopathy Journal, **19** (1): 249-256 p.
18. Fay, P. K and Duke, W. B. (1977). An assissment of Allelopathic potencial in avena germoplasm. Weed Sci., **25**: 224-228 p.
19. Feng-Zhi, W.,Xue-Zheng, W.,Shu-Mel, W. and Xing-Gang, Z. (2007).Effect of Cinamic acid application on the contents in cucumber plants and soil. Allelopathy Journal **20** (2): 363-370 p.

20. Fernández, Gelda (2006). Efecto alelopático del de Boniato (*Ipomoea batata* (L) Lam), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Trabajo de Diploma Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas: 36 p.
21. García, C. R. (2005). Evaluación de la influencia de los productos de la descomposición del material vegetal de malezas en suelo sobre el desarrollo de plántulas de maíz. *Fitosanidad* **9** (3):17-22 p.
- Recuperado en: [\\Serwin\InfoDocente\Agronomia\Biblioteca digital.](#)
22. García, R. (1997). La Alelopatía de plantas cultivables en el manejo de malezas. Conferencia. 8 pp.
23. González, A. D. (2005). Efecto alelopático del Boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) sobre la germinación y crecimiento de diferentes cultivos. Tesis de Diploma para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villias, Santa Clara, Cuba. 47 pp.
24. Harrison, H. F. and J. K. Peterson. (1986). Alleopathic effects of sweet potato (*Ipomoea batatas*) on yellow nudsedge (*Cyperus sculentus*) and alfalfa (*Medicago sativa*) *Weed Sci.*, **34**: 623-627 p.
25. Harrison, H.F., Peterson, J.K. and Snook, M.E. (2006). Sweetpotato storage root phenolics inhibit *in-vitro* growth of *Erwinia chrysanthemi*. *Allelopathy Journal*, **17**: 81-88 p.
26. Hernández, M. (2007). Actividad alelopática de *Wedelia trilobata* (L.) e *Ipomoea batatas* (L.) Lam. sobre malezas y cultivos hortícolas. Tesis presentada en opción al grado Académico de Máster en Agricultura Sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuaria. Universidad Central "marta Abreu" de Las Villas. Cuba. Julio 2007: 42 pp.
27. John, J., Patil, R.H., Joy, M. and Nair, A.M. (2006). Methodology of Allelopathy Research: 1. Agroforestry Systems. *Allelopathy Journal*, **18** (2): 173-214 p.
28. Jova, Danelis. (2006). Efecto alelopático inducido por diferentes fracciones procedentes del extraxto acuoso de orozuz (*Phyla strigulosa* (Mart & Gal.).

Bibliografía

- Mold sobre la germinación de maíz. Tesis de Diploma. Facultad de Química y Farmacia. Santa Clara, Cuba: 54 p.
29. Kong, C.H., Hu, F. and Xu, X.H. (2002). Allelopathic potential and chemical constituents of volatiles from *Ageratum conyzoides* under stress. *Journal of Chemical Ecology*, **28**: 1173-1182 p.
30. Labrada, R. y C. García. (1990), Utilización de cultivos alelopáticos en la lucha contra malezas. INISAV, Informe Técnico. Etapa
31. Leicach, S.R. (2005). Alelopatía. Estrategia defensiva de los vegetales. *Revista Ciencia Hoy*, **15** (89): 8 pp. [en línea]. Recuperado en: <http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy89/alelopatia.htm> [12/7/2007].
32. Liogier, E.E. (1964). Flora de Cuba (Tomo V). La Habana/Cuba: Asociación de Estudiantes de Ciencias Biológicas: 175-313 p.
33. Lovett, J. (2007). Hans Molisch's Legacy. *Allelopathy Journal*, **19** (1): 49-60 p.
34. Mallik, M. A.B. (1999). Allelopathy and nitrogen fixation in legumes. En: *Allelopathy Update. Basic and applied aspects. Volumen 2*. Editor S. S. Narwal: 177-200 p.
35. Mayea, S., Novo, R. y Valiño, A. (1982). Introducción a la microbiología del suelo. La Habana/Cuba: Editorial Pueblo y Educación: 187 pp.
36. Mejías, J. (1995). Manual de alelopatía básica y producto botánico. Universidad de Caldas Santa Fe de Bogotá. Colombia. 15 pp.
37. Mesén R. (2002). Manejo Integrado del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) con extractos naturales y fungicidas químicos en el cultivo de la papa en Tierra Blanca de Cartago, Costa Rica. Memorias del I Congreso de Agricultura Conservacionista 28-29 de Noviembre.
38. Nagabhushana, G.G., Worsham, A.D. and Yenish, J.P. (2001) Allelopathic cover crops to reduce herbicide use in sustainable agriculture systems. *Allelopathy Journal*, **8** (2): 133-160 p.
39. Nakano, H. (2006). Effects of syringoylglycerol 9-O- β -D-glucopyranoside on plant growth. *Allelopathy Journal*, **18** (2): 309-314 p.
40. Narwal, S. S. (1999). Allelopathy in weed management. *Allelopathy update*. (Vol. 2) Basic and Applied aspects: 203-254 p.

Bibliografía

41. Narwal, S.S. (1994). Allelopathy in crop production. Jodhpur / India: Scientific Publishers: 289 pp.
42. Narwal, S.S. (1996) Suggested methodology for allelopathy laboratory bioassays. En: *Allelopathy: Field observations and Methodology*, (Edtrs. Narwal, S.S. and Tauro, P.) (Vol. 1). Jodhpur/India: Scientific Publishers: 332 pp.
43. Nava, V. Hernández, B. E., Cruz, R. and Anaya, A. L. (2005). Allelopathic potential of beans (*Phaseolus* spp.) and other crops. *Allelopathy Journal*, **15** (2): 197-210 p.
44. Obaid, K. A. and Qasem, J.R. (2005). Allelopathic activity of common weed species on vegetable crops grown in Jordan. *Allelopathy Journal* **15** (2): 221-236
45. Pazmiño, A. (1999). Fisiología vegetal. Universidad de Chile, Escuela de Agronomía. 19 pp.
46. Pérez, N. y Vázquez, L.L. (2004). Manejo ecológico de plagas. Recuperado en: http://www.desal.org.mx/IMG/pdf/NILDA---Manejo_ecologico_de_plagas.pdf [31/8/2006].
47. Peterson, J.K., Harrison, H.F. and Snook, M.E. (2002). Bioassay guided isolation of seed germination inhibitors from sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam. Cv. Regal] cortex tissue. *Allelopathy Journal*, **9** (2): 177-186 p.
48. Peterson, J.K., Harrison, H.F. Snook, M.E. and Jackson, D.M. (2005). Chlorogenic acid content in sweetpotato germoplasm: Possible role in disease and pest resistance. *Allelopathy Journal*, **16** (2): 239-250 p.
49. Puente, M., Kathleen, A., Herrera, L. , Suárez, N., Torres, S., Pérez, C. and Rodríguez, M. (2005). Actividad alelopática de algunos extractos vegetales sobre hongos fitopatógenos del suelo. *III Conferencia Internacional de Sustentabilidad y Desarrollo Agrícola. IX Simposio de Protección de Plantas*. Junio 14-16, 2005. Santa Clara. Cuba. Abstract SV-53. *Allelopathy Journal*, **18** (1) 2006: 1-172 p.
50. Puente, Mayra. (1998). Efectos alelopáticos del cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.) sobre malezas asociadas y cultivos de importancia económica. Tesis de maestría: 60 p.

Bibliografía

51. Puente, Mayra. (1999). Potencial alelopático del girasol (*Helianthus annuus* L.): una vía alternativa en el manejo de herbicidas para una agricultura sustentable. Tesis en opción al grado Académico Máster. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba
52. Puerto, M. G. (2002). Efecto Alelopático del boniato (*Ipomea batata* (L.) Lam), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Trabajo de Diploma. UCLV: 60 pp.
53. Putnam, A.R. (1988). Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Tech.* **2** (4): 510-518 p.
54. Reigosa, M.J., Pedrol, N., Sánchez-Moreiras, A.M. and González, L. (2002). Strees and Allelopathy. En *Allelopathy: From Molecules to Ecosystems*. New Hampshire / U.S.A.: Science Publishers, Inc.: 231-256 p.
55. Reigosa, M.J., Souto, X.C. and González, L. (1999). Effect of phenolic compounds on the germination of six weeds species. *Plant Growth Regulation*. [en línea]: 83-88 p. Recuperado de:
<http://webs.uvigo.es/ecofisiologiavexeta/publicaciones/artigos%20pdf/1999%20Plant%20Growth%20Regulation%2028.pdf> [19/7/2006].
56. Rice, E.L. (1984). *Allelopathy* (Ed. 2da.). New York / U.S.A: Academic Press: 424 pp.
57. Rice, E.L. (1992). Overview of allelopathy. Department of Botany and Microbiology. University of Oklahoma, Norman, Oklahoma. 73019. U.S.A.
58. Sampietro, A. D. (2001). Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Cátedra de Fotoquímica. Instituto de estudios vegetales: 1-34 p.
59. Sauget, J.S. y Liogier, E.E. (1957). *Flora de Cuba* (Tomo IV). La Habana/Cuba: Fernández S.A.: 218-245 p.
60. Torres, S., Puente, M., De Cupere, F., Puerto, M.G. y Rodríguez, M. (2003). Efecto alelopático del Boniato (*Ipomoea batata* Lam.) sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. *Centro Agrícola*, **30** (1): 59-63 p.

Bibliografía

61. Trujillo Zoila, G. Dierksmeire, A. Lazo y Caridad Alberti (1999). Efectividad de extractos de nicotina obtenidos por el método de maceración- lixiviación sobre *Bemisia tabaci* (Geen) en el cultivo del Tomate. *Fitosanidad* **3** (2): 37-39 p.
62. Vázquez, L. L. (2003). *Manejo Integrado de Plagas. Preguntas y Respuestas para extensionistas y agricultores*. La Habana/Cuba: CIDISAV: 566 pp.
63. Wu, J., Chen, Z. and Peng, S. (2006). Allelopathic potential of invasive weeds: *Alternanthera philoxeroides*, *Ipomoea cairica* and *Spartina alterniflora*. *Allelopathy Journal*, **17**: 297-286 p.
64. Zheng, Y.Q., Zhao, Y., Dong, F.S., Liu, X.G., Yao, J.R. and Hurle, K. (2007). Allelopathic effects of wheat extracts and DIMBOA on weeds. *Allelopathy Journal*, **19** (1): 171-178 p.
65. Zobel, A.M, Silva, C., Lynch, J., Brown, S.A., Kozyra, M., Miazga, A., Glowinski, K., Furmanowa, M., Wierzchowska-Renke, K. Kurás, M. and Bialonska, D. (2002). Allelopathic concentrations of coumarins and other phenolics under stress conditions and their histological localization. En: *Allelopathy: From Molecules to Ecosystems* (Reigosa, P. and Pedrol, N.). New Hampshire / U.S.A.: Science Publishers, Inc.: 59-70 p.

8. Anexos.

Anexo 1. Medios de cultivos empleados en técnicas propuestas por Vinogradsky tomado de Mayea *et al.* (1982), para el conteo de microorganismos de suelo.

Bacterias: Agar de glicerina peptona		Hongos: Agar de rosa bengala.	
Reactivos	Cantidad	Reactivos	Cantidad
Glicerina	20 g	Glucosa	10 g
Pepton	2,50 g	Na NO ₃	1 g
K ₂ PO ₄ N	1 g	Fosfato de potásico	1 g
C _a CO ₃	1 g	Extracto de suelo *	1L
NaCl	3 g	Agar	15 g
Fe SO ₄	0,01 g	Rosa bengala	0,07 g/ L
Agar	15 g		
Agua	1 L		
pH	7		
Actinomicetos: Agar almidón amoniacal		Hongos celulolíticos:	
(NH ₄) ₂ SO ₄	2 g	(NH ₄) ₂ SO ₄	1.5 g
K ₂ PO ₄ N	1 g	K ₂ PO ₄ N	1 g
Mg SO ₄ x 7H ₂ O	1 g	Mg SO ₄	0,5 g
NaCl	1 g	Na Cl	0,05 g
CaCO ₃	3 g	CaCO ₃	5 g
Almidón	3 g	Zn SO ₄	Trazas
Agar	15 g	Agua	1 L
Agua	1 L	pH	7
pH	7	Agar	20 g
Bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF): Medio de Pikovskaya		Aotobacter spp. Medio de Asbbys (Manitol Phosphate Solution):	
Glucosa	10 g	KH ₂ PO ₄	0,2 g
(PO ₄) ₂ Ca ₃	5 g	Mg SO ₄ x 7H ₂ O	0,2 g
KCl	0,2 g	(NH ₄) ₂ SO ₄	0,2 g
Mg SO ₄ x 7H ₂ O	0,1 g	Manitol	10 g
Extracto de levadura	0,5 g	NaCl	0,2 g
SO ₄ Mn	Trazas	Ca SO ₄ x 2H ₂ O	0,1 g
H ₂ O	1 L	Ca CO ₃	5 g
Agar	7,5 g/L	H ₂ O	1 L
PH	7	Agar	15 g

* Preparación del extracto de suelo: Poner 500 g de suelo fértil en 1200 ml de agua y someterlo a la autoclave durante una hora, filtrar y llevar a PH 7.