



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

**Efectos de extractos acuosos y residuos de *Ipomoea*
batatas clon CEMSA 78-354 sobre la germinación y
crecimiento de cultivos y malezas.**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MASTER EN
AGRICULTURA SOSTENIBLE, MENCIÓN SANIDAD VEGETAL.**

Autora: Ing. Johanna Cruz Tovar

Tutores: Dr. C. Sinesio Torres García

MsC. Maykel Hernández Aro.

Año 2012

A mi madre, quien me ha brindado su amor y comprensión en todo momento.

A mí novio por su paciencia, amor y dedicación siempre.

A mis tutores el Dr.C Sinesio Torres García y el Ms.C Maykel Hernández Aro por su apoyo, paciencia y ayuda en la elaboración de esta tesis.

A la ingeniera y amiga Lilibeth Pérez, por brindarme su ayuda incondicional.

Al MsC Yordanis Ramos, por su colaboración.

A Juana Márquez y Nerely de Armas, por sus sabios consejos y ser como una madre y abuela para mí en Cuba.

A todos muchas gracias.

RESUMEN

El trabajo fue realizado en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica de la facultad de Ciencias Agropecuarias, en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), en el período comprendido de noviembre 2011 a Mayo 2012, teniendo por objeto de estudio la actividad alelopática de *Ipomoea batatas* (L.) Lam. (Boniato) sobre malezas y cultivos hortícolas. Los ensayos se llevaron a cabo en condiciones controladas y

semicontroladas, con el uso de extractos acuosos en concentraciones de 0,03 y 0,06 g mL⁻¹ y de residuos en dosis de 30, 60 y 100%, utilizando 4 réplicas y un testigo sin tratar para lo ensayos en condiciones controladas y 6 réplicas con un testigo en el ensayo semicontrolado. Además se realizaron otros ensayos para la determinación de daños a las membranas celulares medidas a través de la liberación de fosfatos inorgánicos y conductividad eléctrica, así como se evaluó la actividad de las oxidasas del AIA. Fue evaluado el efecto alelopático sobre germinación y el crecimiento en los cultivos Frijol (*Phaseolus vulgaris*), Pepino (*Cucumis sativus*) y Cebolla (*Allium cepa*). Al igual se midió el efecto sobre germinación y el crecimiento de malezas totales germinadas, Mono y Dicotiledóneas. Los resultados demostraron una estimulación en los cultivos de pepino y cebolla y un efecto inhibitorio en Frijol y malezas tanto dicotiledóneas como monocotiledóneas. La inhibición del crecimiento del frijol se debió a la liberación de fosfatos y el incremento de la conductividad eléctrica de las plántulas tratadas con extractos acuosos de boniato.

ÍNDICE

P.

1. INTRODUCCIÓN
2. REVISION BIBLIOGRAFICA
3. MATERIALES Y MÉTODOS
4. RESULTAOS Y DISCUSIÓN
5. CONCLUSIONES

6. RECOMENDACIONES

1. INTRODUCCIÓN

Desde mediados del Siglo XX y hasta nuestros días, la ciencia y la técnica asociadas a la agricultura han avanzado grandemente permitiéndole al hombre elevar la productividad y producción en la mayoría de los cultivos. Dentro de las más revolucionarias están: potentes equipos mecánicos, nuevas variedades de plantas cultivadas, medios inorgánicos, orgánicos y biológicos en la enmienda de

los suelos y la nutrición y estimulación de las plantas y variados medios en el control de los organismos nocivos (Labrada *et al.* 1996). Dentro de este último grupo de inconvenientes que ha traído la intensificación de la agricultura están las malezas en los cultivos agrícolas.

Las malezas constituyen uno de los factores que más afectan el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos, compiten por luz, agua y nutrientes, lo cual se refleja en la reducción cuantitativa y cualitativa de la producción, además de incrementar los costos operacionales de la cosecha y beneficio del producto agrícola. Así mismo, liberan sustancias alelopáticas perjudiciales, sirven de hospedantes de plagas y enfermedades comunes a las especies cultivadas e interfieren en la cosecha (Freitas *et al.*, 2004). Para su control el método químico ha sido el más empleado hasta el momento, cuyo uso puede ocasionar reducciones de la biodiversidad, alteraciones a los agroecosistemas, además de daños en la salud humana y animal (Torres *et al.*, 2008). Una alternativa con ventajas económicas y medioambientales es la Alelopatía, ciencia que ha experimentado un gran desarrollo dentro de las investigaciones agrícolas (Labrada, 1996).

La Alelopatía ha sido definida desde Molish (1937) pasando por investigadores como Rice (1974) y Sampietro (2001) entre muchos más, como el efecto causado por las interacciones bioquímicas en un agroecosistema entre una especie donante sobre otra especie receptora, incluyendo plantas y microorganismos, pudiendo ser este efecto beneficioso o dañino (Puente, 2001).

Kropff y Walter (2000), citado por García (2005), coinciden en afirmar que las investigaciones alelopáticas deben estar dirigidas hacia los efectos que causan los residuos de cultivos, sobre los cultivos siguientes en rotación y la determinación de las plantas cultivables capaces de ejercer efectos de inhibición sobre especies importantes de malezas. Diversos autores han determinado en sus estudios que el boniato además de tener una amplia gama de utilidades que van desde el consumo de su tubérculo en la dieta del hombre y alimentación de animales

domésticos hasta la producción de medicamentos y harinas industriales (Pupo, 2008), posee un alto potencial alelopático.

(Torres, 2003; Hernández, 2007 y Valdés, 2008), realizaron investigaciones acerca del efecto de residuos de boniato sobre algunos cultivos y las malezas asociados a estos, pero consideraron que se debe seguir investigando con el fin de saber el efecto en otras especies cultivables de gran interés agrícola, así como en las malezas que los suelen acompañar.

Considerando lo anteriormente mencionado, se propone como **problema científico**:

¿Cómo hacer un mejor manejo de las malezas con la menor utilización de productos químicos sin causar daños a los cultivos y al medio ambiente?

Para dar cumplimiento al problema científico proponemos la siguiente **Hipótesis**

Es posible reducir la incidencia de malezas en algunos cultivos utilizando el efecto alelopático de los restos y extractos acuosos de boniato.

Objetivo General

Evaluar el efecto alelopático de extractos acuosos y residuos secos de follaje de boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) sobre la germinación y crecimiento de plantas cultivadas y malezas.

Objetivos Específicos

1. Evaluar el efecto del Extracto Acuoso de *I. batatas* sobre la germinación y crecimiento de frijol, cebolla y pepino In Vitro.
2. Determinar el efecto de los extractos acuosos de *I. batatas* sobre la actividad de las oxidasas del AIA y el daño a las membranas celulares de plántulas de frijol

3. Evaluar el efecto de los residuos de *I. batatas* incorporados al suelo sobre la germinación y crecimiento de malezas y cultivos bajo condiciones semicontroladas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La sanidad vegetal

Desde que la agricultura surgiera en el Neolítico el hombre ha domesticado plantas y animales, modificando el entorno, para garantizar el abastecimiento de alimentos. De esta forma comenzó la actividad agraria como una respuesta a las necesidades básicas de los seres humanos. Desde entonces hasta la actualidad, la agricultura ha evolucionado hacia una actividad económica que ha aprovechado los avances

científicos y tecnológicos para mejorar los rendimientos de los cultivos, intentando asimismo asegurar la protección de las plantas contra plagas y enfermedades. En este ámbito es donde la sanidad vegetal adquiere su relevancia al establecer el marco legal apropiado para la protección de los vegetales, y sus productos, contra los daños producidos por organismos nocivos. Entre los objetivos se encuentra tanto mantener a los organismos nocivos en niveles de población económicamente aceptables, como impedir la introducción y extensión de aquellas plagas procedentes de otras áreas geográficas (Clemente, 2008).

2.2. Aporte de la alelopatía a la sanidad vegetal

Las estrategias alelopáticas apuntan a la reducción de la polución ambiental y a mantener un balance ecológico en la flora y la fauna, con la disminución en el uso de pesticidas (insecticidas, fungicidas, nematocidas y herbicidas) sustituyendo estos por compuestos naturales (plantas y microorganismos) (Torres *et al.*, 2003). Los aleloquímicos y fitoquímicos están libres de todos estos problemas asociados con la presencia de pesticidas. Por esto la alelopatía es un área prioritaria de investigación en la mayoría de los países del mundo (An *et al.*, 2000).

2.3. La Alelopatía en la agricultura

En la actualidad existe una debilidad en el saber de los agricultores en general. Ellos están bien informados del historial de sus parcelas, de los cultivos sucesivos y hasta poseen algunas ideas sobre el comportamiento de las malezas. Sin embargo, frecuentemente desyerban en fases equivocadas del cultivo, desconocen el combate de las malezas a largo plazo mediante la disminución del banco de semillas, y lo que es tan importante, la ecobiología de las malezas y las interferencias que puedan realizar las mismas sobre los cultivos y otras especies de malezas (Labrada, 1996).

En este sentido la alelopatía es una alternativa potencial al proporcionar la base científica de las rotaciones y asociaciones de los cultivos, con lo cual se logra un mayor y mejor aprovechamiento del suelo, y también un beneficio ecológico complementario, resultante de las interrelaciones vegetales y animales y un incremento de la diversidad biológica de los agroecosistemas (Bowen, 1991) citado por (Torres, 2006).

Con esto, se han propuesto tecnologías de manejo de malezas basadas en arropes, cultivos de cobertura, cultivos mixtos, rotaciones de cultivos, así como la confección de bioproductos y biopreparados a partir de las mezclas de sustancias contenidas en tejidos de plantas y microorganismos (Hernández, 2007). Estas sustancias se encuentran distribuidas por todos los órganos a concentraciones muy bajas y variables de acuerdo con sus condiciones fisiológicas.

Así, la alelopatía es usada hoy día como una herramienta para identificar especies de plantas que puedan presentar efectos fitotóxicos, las cuales contendrán compuestos químicos que muestren esta actividad sobre especies de malezas no resistentes y sus biotipos resistentes. Estos productos que eliminan la competencia de otras especies, o incluso que estimulan la germinación o el crecimiento de otras especies, han despertado interés, principalmente por su posible aplicación en la agricultura, debido, entre otras propiedades, a su actividad herbicida de una manera selectiva (Duke *et al.*, 2000).

Este hecho ha despertado un interés desde el punto de vista agronómico, pues cada vez es más importante la necesidad de encontrar nuevos herbicidas, entre otras causas, por la proliferación de malezas que han mostrado resistencia frente a los herbicidas convencionales, originándose biotipos mucho más difíciles de controlar (Heap, 1997).

Además de la aparición de estos biotipos resistentes, surge la necesidad de generar herbicidas que produzcan un menor impacto en el ambiente, y cuyos residuos (productos de sus biotransformaciones) sean inocuos para muchos organismos, entre ellos el hombre, quien ha originado una creciente explotación de las fuentes naturales de compuestos, que en principio, son más específicos en su modos de acción, con productos de biotransformación más tolerables por el ambiente. (Sandermann, 2006).

2.4. Concepto de alelopatía

Alelopatía es un término acuñado por primera vez por Molish (1937) y se deriva de las palabras griegas *alleton* (mutuo) y *pathos* (prejuicio). Este lo definió como los efectos tanto perjudiciales como beneficiosos que directa o indirectamente son causados por

compuestos químicos liberados por una planta que afectan a otra, incluyendo microorganismos. Autores como Whittaker (1971) tienen en cuenta que estas mismas sustancias químicas afectan las relaciones entre otros organismos que no son plantas, tales como insectos y herbívoros.

La alelopatía y la competencia se distinguen en que la competencia involucra la reducción de la disponibilidad de algún recurso común (agua, nutrientes, luz), al ser consumido por un individuo más competente que otro, mientras que la alelopatía implica la liberación de aleloquímicos desde una planta que afecta el desarrollo de otra (Hernández, 2007). Vázquez (2003) Plantea que aunque estos fenómenos difieren en sus efectos actúan de forma conjunta en el efecto total de una planta sobre otra y le da el término a esta sumatoria de “interferencia” en el cual está comprendida la alelopatía, la competencia y además el parasitismo. Además la alelopatía es considerada un fenómeno separado de la autotoxicidad (Miller, 1983).

Los agentes aleloquímicos son descritos por Barceló *et al.* (1995) como sustancias producidas por organismos de una especie que afectan el funcionamiento (crecimiento, conducta etc.) de organismos de otra especie, inhibiendo o estimulando.

Duke (1985) citado por Pazmiño (1999), proponen una serie de criterios, los cuales deben de reunirse para aceptar como válida la hipótesis de un fenómeno de interferencia entre plantas, mediadas por agentes químicos o aleloquímicos: 1) Identificación y cuantificación de los síntomas de interacción, excluyendo la posibilidad del fenómeno de competición, 2) Aislar, identificar, ensayar y sintetizar el agente alelopático, 3) Simulación de la interferencia mediante el suministro del agente alelopático en las mismas condiciones observada en la naturaleza y 4) Cuantificación de la dinámica de liberación, movimiento y absorción por organismos receptores del agente alelopático.

Actualmente 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 (Torres, 2003).

2.5. Interacciones alelopáticas

Los organismos interactúan en forma variada con los diversos componentes del ambiente, responden y a su vez, influyen sobre ellos.

Las interacciones alelopáticas ocurren mediante la transmisión de compuestos alelopáticos entre planta- planta, planta- microorganismo, planta insecto o microorganismo- planta (Torres, 2006).

En muchas de estas interacciones se presentan liberación de diversos compuestos químicos que afectan significativamente las condiciones del ambiente e influyen en el crecimiento, la salud, la conducta y en general en la biología de las plantas, animales y microorganismos siendo este hecho quien determina la existencia de interacciones bióticas particulares, es decir interacciones químicas entre ellas, las cuales tienen cierta estructura en la que están involucradas una serie de atributos químicos (Puente, 2001).

2.5.1. Alelopatía de las plantas sobre plagas

Almeida (1988) cita que los insectos perciben la naturaleza de los aleloquímicos a través de los quimiorreceptores que poseen con los cuales consiguen discriminar las sustancias químicas de las más bajas concentraciones, de esta forma distinguen las plantas que le son tóxicas de las que les son inocuas.

Ejemplo de lo anteriormente mencionado esta en el “Manual de alelopatía y productos botánicos” (Mejías, 1998) en el cual cita tres tipos de control alelopático. 1) Plantas acompañantes; 2) Plantas repelentes; 3) Cultivos trampa

Autores como Swain (1974); Wheeler (1975); Almeida (1987); Einhellig (1985); Puerto (2002) y Facknath (2006) afirman que muchas de las sustancias identificadas como alelopáticas están simultáneamente envueltas en funciones de protección o defensa de las plantas contra el ataque de microorganismos e insectos perjudiciales.

En la defensa contra patógenos estos aleloquímicos actúan, principalmente localizados en la epidermis de las hojas, muchas veces asociados a los lípidos y polisacáridos, siendo más o menos eficaces de acuerdo con su naturaleza y la intensidad con que se encuentren aciduladas por el ácido ferúlico (Puerto, 2002)

2.5.2. Alelopatía de las plantas sobre microorganismos

Se ha determinado el potencial alelopático de plantas sobre microorganismos, Espinosa (2008) citado por Espejo (2010) prueban el efecto inhibitorio de la flor de

muerto (*Tagetes erecta* L.) y teca (*Tectona grandis* L.) sobre el crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos del suelo *Rhizoctonia solani* (Kühn) y *Sclerotium rolfsii* (Sacc.) Los micoherbicidas son hongos que controlan el desarrollo de malas hierbas, las especies más usadas son las del género *Colletotrichum*, que pueden ser aplicados para combatir cultivos de drogas (Puerto, 2002).

2.5.3. Alelopatía de cultivos sobre malezas

El efecto alelopático de los cultivos sobre las malezas es poco común en la naturaleza. Overland (1966), fue el primero en verificar que los extractos acuosos de semillas y raíces de cebada tenían efectos inhibitorios sobre la germinación de la ***Stellaria media*** y sin afectar el cultivo del trigo.

Almeida (1988) comprobó que los extractos acuosos de cáscara de café inhibían la germinación de 14 especies silvestres más comunes de la región objeto de estudio y cuando utilizó estos mismos extractos no solo donde se encontraban sembrados dichas especies sino sobre las respectivas plántulas usándolo como herbicidas pre y post emergente no obtuvo efecto fitotóxico en las plantas.

Más recientemente Girado (2003) reporto el efecto inhibitorio de restos de soya en el control de malezas; Valdés (2008) investigó acerca del efecto de boniato sobre malezas asociadas a cultivos de rábano y cebolla dando como resultado una reducción del número y biomasa de malezas.

2.6. Tipos de alelopatía

2.6.1. Efectos negativos de la alelopatía

Generalmente los efectos dañinos causados por la alelopatía son a partir de sustancias liberadas al suelo por la descomposición de los residuos de las plantas que han permanecido en el campo (Almeida, 1988; Puente, 1998; Puerto, 2002).

Diversas especies lixivian sustancias tóxicas desde la parte aérea, a través de la lluvia, el rocío, o por exudaciones radiculares, que inhiben la germinación de las esporas de algunas especies de hongos. Por este proceso, plantas susceptibles a determinados patógenos existentes no son atacadas (Almeida, 1988)

El resultado del efecto de sustancias tóxicas de alto valor destructivo que actúan o pueden actuar sobre las partes de la planta, incluidas sus semillas, llegan a provocar

alteraciones fisiológicas tales que pueden producir la muerte del vegetal (Lacasa, 1984 citado por Puente, 1998).

Estas alteraciones fisiológicas pueden ser desde cambios en la fotosíntesis, función estomática, contenido clorofílico, respiración, flujo de carbono, absorción de minerales, y hasta en la permeabilidad de la membrana celular, ya que muchos componentes aleloquímicos como los ácidos fenólicos causan una despolarización de la membrana, acción que tiene una influencia directa en la transportación de los iones y en el balance hídrico de la planta. (Tukey y Morgan, 1963; Einhellig, 1985).

2.6.2. Efectos positivos de la alelopatía

Las interacciones positivas pueden determinar la distribución espacial de las especies, permitir la coexistencia, realzar la diversificación y la productividad y dirigir dinámicamente la comunidad. Las relaciones espaciales positivas han sido reportadas también en ecosistemas tropicales

Ejemplos de la interacción positiva fueron documentados por Kellman y Kading (1992) en los sistemas de dunas de los Grandes Lagos en América del Norte los cuales aparecen dirigiendo algunos modelos de sucesiones, incluyendo el establecimiento del pino blanco y pino rojo en localidades dominadas por la especie de roble rojo *Quercus*. La productividad total de los ecosistemas puede elevarse por los mecanismos de facilitación. Weltzin y Coughenhour (1990) y Callaway *et al.* (1991) reportaron, en California, el incremento de la biomasa de plantas herbáceas debajo del árbol acacia (*Acacia tortilis*) en comparación con los pastos de las sabanas de Kenia al incrementarse por nutrientes debido a estas interacciones benéficas.

Bower (1991) Citado por (Puente, 2001) señala que para que se produzcan estos efectos, ya sea de carácter positivo o negativo, la concentración de las sustancias aleloquímicas es de gran importancia.

2.7. Lugar de síntesis y naturaleza química de los compuestos alelopáticos

Los organismos vegetales expuestos a factores tanto bióticos como abióticos, provocó el desarrollo de numerosas rutas de biosíntesis a través de las cuales se sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios. Los metabolitos secundarios son aptos para ingresar en los sistemas vivos, interactuar y

cambiar las estructuras de los receptores y penetrar en la célula donde pueden afectar varios procesos fisiológicos (Anaya y Espinosa, 2006).

En dependencia de la especie vegetal se producen diferentes metabolitos secundarios, la composición y cantidad también varían según la edad de la planta y las condiciones ambientales (Gómez *et al*, 2003 citado por Pupo, 2008).

Generalmente los diferentes autores la organizan de esta forma la naturaleza de los compuestos alelopáticos (Sampietro, 2001) citado por (Hernández, 2007 y Pupo, 2008).

2.7.1. Compuestos aromáticos: Estos comprenden la más extensa cantidad de agentes alelopáticos. Incluye fenoles, derivados del ácido benzoico, y del ácido cinámico, quinonas, cumarinas, flavonoides y taninos.

- **Fenoles simples y ácidos fenólicos:** Los ácidos fenólicos causan la despolarización de la membrana celular, influyendo directamente en los procesos de absorción selectiva de la misma, así como en su descomposición rompiendo el balance hídrico de la planta, (Einhellig et al., 1985) citado por (Puente, 2001). Se ha comprobado que los ácidos fenólicos y fenoles simples presentan actividad inhibitoria del crecimiento de plantas como trigo (*Triticum vulgare*) y el Don Carlos (*Sorghum halepense*) entre otras. A este grupo de compuestos (fenoxiderivados) pertenecen una de las categorías de herbicidas más utilizados en la agricultura, que son los herbicidas hormonales, destacándose por su efectividad el ácido 2,4 diclorofenoxiacético, (Leather, 1986; Almeida, 1987 y Lorenzi, 1992).
- **Ácido benzoico y derivado:** Derivados del ácido benzoico tales como los ácidos hidroxibenzoico y vainílico, están comúnmente involucrados en fenómenos alelopáticos. Dentro de las especies que los contienen se pueden citar el pepino (*Cucumis sativus* Var.), la avena (*Avena sativa* L.) y el sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.)
- **Acido cinámico y sus derivados:** La mayoría de estos compuestos son derivados de la ruta metabólica del ácido shikímico y están ampliamente distribuidos en las plantas. Se identificó la presencia de los mismos en pepino, girasol (*Helianthus annuus* L.) y guayule (*Parthenium argentatum*). Otros

derivados de los ácidos cinámicos tales como clorogénico, cafeico, p-cumárico, y ferúlico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y son inhibitorios de una gran variedad de cultivos y malezas. Los efectos tóxicos de estos compuestos son pronunciados debido a su larga persistencia en el suelo y muchos derivados del ácido cinámico han sido identificados como inhibidores de la germinación.

- **Quinonas y derivados:** Las quinonas son dicetonas que se convierten en polifenoles por reducción, regenerándose fácilmente por oxidación. Varias de las quinonas y sus derivados provienen de la ruta metabólica del ácido shikímico. Los ejemplos clásicos de estos compuestos son la Juglona y las naftoquinonas relacionadas. Se han reportado a las quinonas y a las juglonas como repelentes de insectos.
- **Cumarinas:** Las cumarinas constituyen un grupo importante de compuestos naturales localizados en todas las partes de la planta y órganos vegetales, están presentes en muchas plantas. La metil esculina fue identificada en *Ruta*, *Avena* e *Imperata*. Compuestos tales como escopolina, escopoletina y furanocumarinas tienen capacidad inhibitoria del crecimiento vegetal (Osorio, 2006).
- **Flavonoides:** Los flavonoides son compuestos muy frecuentes en las plantas superiores en flores, frutos, hojas y raíces, tanto en forma libre como en forma de glicósidos, dándoles este último color a flores, frutos y hojas. Una amplia variedad de flavonoides tales como floridzina (producida por *Malus* y algunas ericáceas) y sus productos de degradación tales como glicósidos de quemferol, quercetina y myrcetina son agentes alelopáticos bien conocidos.
- **Taninos:** Los taninos, tanto los hidrolizables como los condensados, tienen efectos inhibitorios debido a su capacidad para unirse a proteínas (Hernández et al. 2003; Otero et al. 2004) Taninos hidrolizables comunes tales como los ácidos gálico, elágico, trigálico, tetragálico y quebúlico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal. La mayoría están presentes en suelos de bosques en concentraciones suficientes para inhibir la nitrificación. Los taninos condensados, los cuales se originan de la polimerización oxidativa de las

catequinas, inhiben las bacterias nitrificantes en suelos forestales y reducen el ritmo de descomposición de la materia orgánica el cual es importante para los ciclos de circulación de minerales en el suelo. Los mecanismos de acción de estos compuestos están relacionados con la oxidación de enzimas, la posible reacción con los grupos – SH (sulfidrílico) e inactivación de proteínas a nivel de membrana, propiedad llamada astringencia (González *et al.*, 2001; Rukhsan *et al.*, 2005; Geron, 2007).

2.7.2. Terpenoides: Las plantas superiores producen una gran variedad de terpenoides, pero de ellos sólo unos pocos parecen estar involucrados en alelopatía. Frecuentemente estas sustancias se aislaron de plantas que crecen en zonas áridas y semiáridas. Los monoterpenos son los principales componentes de los aceites esenciales de los vegetales y son los terpenoides inhibidores de crecimiento más abundantes que han sido identificados en las plantas superiores. Son conocidos por su potencial alelopático contra malezas y plantas de cultivo. Entre los más frecuentes con actividad alelopática se pueden citar el alcanfor, α y β pineno, 1,8-cineol, y dipenteno. Dentro de las plantas que los producen podemos citar los géneros *Salvia spp*, *Amaranthus*, *Eucalyptus*, *Artemisia*, y *Pinus*. Un sesquiterpeno destacado es el ácido abscísico una importante hormona vegetal y también agente alelopático.

2.7.3. Alcaloides: Pocos alcaloides se conocen con actividad alelopática. Algunos como la cocaína, cafeína, cinconina, fisostigmina, quinina, cinconidina, estricnina son reconocidos inhibidores de la germinación. La cebada exuda por sus raíces la gramina que inhibe el crecimiento de *Stellaria media*. La cafeína mata ciertas hierbas sin afectar algunas especies cultivadas (Sampietro 2002).

2.7.4. Lípidos y ácidos grasos: Existen varios ácidos grasos tanto de plantas terrestres como acuáticas que son inhibitorios de crecimiento vegetal. Se pueden citar entre otros los ácidos linoleico, mirístico, palmítico, láurico e hidroxiesteárico. Su rol en alelopatía no está completamente investigado.

2.7.5. Compuestos alifáticos: Comprenden varios ácidos por ejemplo; a. oxálico, a. crotónico, a. fórmico, a. butírico, a. acético, a. láctico y a. succínico y alcoholes (tales como metanol, etanol, n-propanol y butanol) solubles en agua, que son constituyentes comunes presentes en plantas y suelo. Bajo condiciones aeróbicas los ácidos alifáticos son rápidamente metabolizados en el suelo, por lo cual no pueden considerarse una importante fuente de actividad alelopática.

2.7.6. Lactonas no saturadas: La psilotina y psilotinina son producidas por *Psilotum nudum* y *Twesiperis tannensis*, respectivamente. La protoanemonina es producida por varias ranunculáceas. Son poderosos inhibidores de crecimiento aunque el rol de estos compuestos en alelopatía no se conoce completamente.

2.7.7. Glicósidos cianogénicos: Entre ellos se encuentran la durrina y amigdalina (o su forma reducida prunasina) de reconocida actividad alelopática. La hidrólisis de estos compuestos da lugar no sólo a. cianhídrico sino también a hidroxibenzaldehído que al oxidarse origina el ácido p-hidroxibenzoico, el cual posee por sí mismo actividad alelopática. La durrina es frecuente entre especies tanto cultivadas como silvestres del género *Sorghum*. La mayoría de los miembros de la familia *Brassicaceae* producen grandes cantidades de estos glicósidos, los que por hidrólisis producen isotiocianato con igual actividad biológica (Swain *et al.*, 1992).

2.8. Mecanismos de acción

Las funciones afectadas por el mecanismo de acción son muy similares a lo de los herbicidas y como en estos, la dificultad está en entender el proceso puesto que la mayoría de los casos afectan más de una función y provocan efectos colaterales difíciles de distinguir de los principales (Puerto, 2001)..

Rice (1974, 1979), Swain (1997), Fisher (1979), Einhellig (1985), Putnam (1985), Thompson (1985), Smith (1991) describen estos mecanismos como sigue:

- Asimilación de nutrientes: Permeabilidad de membranas y daño a las Bombas.

- Fotosíntesis: Apertura de los estomas y desacople fosforilativo (no sintetiza ATP).
- Respiración: desacople fosforilativo.
- Síntesis Proteica: Activa las ribonucleasas y producen aminoácidos erróneos (no proteicos).
- Crecimiento: AIA oxidasas y bomba protónica.
- Germinación: Antigiberelina e inhibición de Amilasas (Torres, 2006).

2.9. Vías de liberación de los aleloquímicos

Sampietro (2003) citado por Hernández (2007) argumenta que los aleloquímicos son sintetizados y almacenados en células de las plantas y son liberados al entorno en respuesta al estrés biótico o abiótico que se le imponga. La forma en que se libera un agente alelopático depende de su naturaleza química, existiendo cuatro formas fundamentales de liberación de los aleloquímicos:

- Volatilización.

La liberación de agentes alelopáticos por volatilización está frecuentemente confinada a plantas que producen terpenoides. Los géneros que comúnmente liberan compuestos volátiles incluyen *Artemisia*, *Salvia*, *Parthenium*, *Eucalyptus* y *Brassica*. Estas sustancias han demostrado también actividad insecticida y como disuasivos alimenticios. La toxicidad de los compuestos volátiles es prolongada, debido a su adsorción a las partículas del suelo, lo cual les permite permanecer varios meses en él. En ecosistemas de desierto y mediterráneos, se observa con frecuencia la liberación de compuestos alelopáticos por esta vía, lo cual es debido al predominio de altas temperaturas que van a influir como factor abiótico determinante en la liberación de los compuestos.

- Lixiviación.

La lixiviación es la remoción de sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. El grado de lixiabilidad depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación. De esta manera se liberan una gran variedad de agentes alelopáticos de diferente naturaleza tales como compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides.

- Exudados radicales.

La reducción en rendimiento observada en algunos cultivos en varios casos se ha atribuido a toxinas liberadas por otros y malezas adyacentes. Los exudados radiculares comprenden únicamente entre el 2-12% del total de fotosintatos de la planta. La mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares. Factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz y humedad influyen cualitativa y cuantitativamente en la liberación de sustancias por las raíces.

- Descomposición de los residuos vegetales.

Los residuos en descomposición de la planta liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos. Los factores que influyen en este proceso incluyen la naturaleza del residuo, el tipo de suelo, y las condiciones de descomposición. Eventualmente las sustancias alelopáticas liberadas por los residuos vegetales en el suelo entran en contacto con las raíces de plantas presentes en el mismo, ejerciendo su acción. Los compuestos liberados por la planta al suelo sufren frecuentemente transformaciones realizadas por la microbiota del mismo, que pueden originar productos con actividad biológica mayor que sus precursores. Investigaciones utilizando extractos acuosos vegetales, han demostrado que los inhibidores solubles en agua presentes en la planta de cultivo pueden ser rápidamente liberados durante el proceso de descomposición.

2.10. Las malezas en la agricultura

La Agricultura constituye la mayor fuerza selectiva en la evolución de las malezas. De las 250.000 especies vegetales existentes, aproximadamente 8.000 (3%) son consideradas malezas y 250 son problemáticas, representando el 0,1% de la flora mundial. El 70% de las malezas-problema corresponden a 12 familias botánicas y el 40% pertenecen a 2 familias: Poaceae y Asteraceae (Lagrecá, 2008).

Muchas de ellas se han introducido desde áreas geográficas muy distantes, o son nativas y particularmente favorecidas por las perturbaciones causadas en la actividad agrícola. Tradicionalmente, debido a su impacto sobre el rendimiento, las malezas se han considerado organismos indeseables.

Actualmente la agricultura cuenta con más de 130 principios activos (pesticidas) y el mercado de agroquímicos moviliza una cifra superior a los 16000 millones de dólares por año de los cultivos los herbicidas significan un 60 %.

El manejo de malezas es clave en la obtención de buenos rendimientos y mayores utilidades en la actividad agrícola.

El control químico ha sido hasta nuestros días el más empleado, trayendo su uso problemas tanto ambientales como ecológicos, además de ser antieconómicos.

Otros de los problemas que conlleva este tipo de control es el incremento de la resistencia de las malezas a los herbicidas (Riaz *et al.*, 2006), posibles alteraciones en la microflora del suelo y alteraciones morfológicas en las plantas (Lamego *et al.*, 2005).

2.11. Potencial herbicida de especies vegetales

La alelopatía ya está siendo vista no como una fuente directa de compuestos activos, sino como una fuente de estructuras bases, a partir de las cuales, mediante modificaciones sintéticas, darán origen a potenciales herbicidas. Así, una gran diversidad de productos con potencial alelopático han sido encontrados, y de su evaluación fitotóxica, propuestas como moléculas bases para el desarrollo de herbicidas, donde se encuentran terpenos (Elakovich, 1988), cumarinas (Zobel *et al.*, 1999), benzoquinonas (Netzly *et al.*, 1998) y alcaloides (Macías F. *et al.* 2005).

A partir de las modificaciones estructurales sintéticas, se originan una serie de derivados modificados, formando una colección de compuestos. La evaluación de las actividades fitotóxicas sobre diferentes especies o series de esta colección, permiten llevar a cabo relaciones estructura actividad (SAR) y estructura reactividad cuantitativas (QSAR) (Vyvyan, 2002), que determinen los rasgos estructurales necesarios para la actividad, así como ciertos parámetros (operadores y descriptores moleculares) que indicarán el peso específicos de algunas propiedades fisicoquímicas que controlan las actividades. (Duchowicz *et al.*, 2008).

De esta manera es posible manipular sintéticamente la molécula con el objeto de acentuar los rasgos estructurales y físicos a fin de mejorar la actividad bajo estudio, en el caso de herbicidas. Así, con este tipo de estudio, se han logrado proponer diferentes moléculas con propiedades herbicidas, cuyo origen inicial ha sido el aislamiento de sus

estructuras madres a partir de fuentes naturales como un ejemplo de esta metodología, Macías *et al.*, (2006) han partido de moléculas de origen natural en la búsqueda de modelos de herbicidas. Tomando como molécula modelo el esqueleto de las benzoxazinonas una familia de compuestos detectados en los exudados de la raíz de plantas como el maíz, el trigo y el centeno (Pérez y Ormeño-Núñez, 1991.), los cuales han mostrado una amplia variedad de actividades biológicas, entre ellas las fitotóxicas y alelopáticas (Honkanen y Virtanen, 1960).

Macías. *et al.*, (2006) encontraron que la actividad fitotóxica es una función de los efectos estéricos y electrónicos causados por los sustituyentes introducido en el esqueleto base, donde el volumen molecular y momento dipolar resultan los más relevantes. A partir de los estudios QSAR, se encontró que la liposolubilidad (la solubilidad en medio oleoso) es un factor determinante en la actividad fitotóxicos, y que en algunos casos, los derivados muestran una mayor actividad fitotóxica y selectividad sobre la especie receptora que sus productos naturales de partida.

La obtención de herbicidas y agroquímicos basados en fuentes naturales son atractivos por varias razones. Primero, la mayoría de ellos son solubles en agua, y como resultado, es posible que sean activos a muy bajas concentraciones, reduciendo su presencia en el ambiente; son más inocuos al ambiente, además de presentar modos de acción no registrados en los herbicidas hoy día existentes, convirtiéndose en una promesa en el control de los biotipos resistentes.

Sin embargo, el uso de herbicidas de fuentes naturales, en la industria agroquímica ha sido muy limitado. Varias razones o variables han de ser consideradas para llegar a explotar este aleloquímico como agente de control de malas hierbas, donde es posible citar: a) Cantidad de sustancia activa aislada, generalmente muy limitada para los diferentes tipos de bioensayos. b) Necesidades de pruebas toxicológicas y ambientales. El hecho de que el producto sea de origen natural, no garantiza que sea seguro al ambiente, y de hecho, la mayoría de los tóxicos para los mamíferos son de origen natural, y dentro de estos, muchos provienen de las plantas. c) Originar compuestos derivados a partir del natural, mediante manipulación de la estructura molecular o síntesis química. Una de las características en general de los productos

naturales es su extremada complejidad estructural, lo cual es un factor limitante en la obtención de series que permitan realizar estudios SAR y QSAR, d) una vez detectado el producto activo, o su análogo modificado, es necesario la extracción en masa del compuesto de su fuente natural, o en su defecto, una ruta sintética relativamente sencillas y rentable.

Para esto, la especie o variedades deben de producir grandes cantidades del producto con propiedades herbicidas, donde la manipulación genética para incrementar la producción del compuesto se convierte en una variable y factor limitante en el proceso de desarrollo de herbicidas. Incluso, muchos herbicidas a bajas dosis pueden causar un incremento en los niveles de fitoalexinas presentes en muchas plantas de interés agronómico, con lo cual el efecto de este producto sobre la química de las plantas a proteger debe de estar incluido en el protocolo de desarrollo de bioherbicidas. e) Por último, recientemente el desarrollo de herbicidas a partir de fuente natural se ha visto limitada por la patentabilidad de los compuestos o moléculas. La patente puede ser efectuada tanto sobre el compuesto natural así como compuestos sintéticos, hecho este que limita de manera decisiva los estudios de actividad biológica.

A pesar de estas variables que dificultan la búsqueda de compuestos modelos de herbicidas, existen casos donde moléculas de origen natural están siendo explotadas como herbicidas comerciales, tales son Cinmetilina, Bialafos, Glufosinatos y Dicamba.

Cinmetilina ha sido aplicado para el control de malas hierbas durante periodos cortos de tiempo (Bhowmik, 1988). Bialafos es actualmente comercializado en Japón bajo el nombre de Herbace® (Klink *et al.*, 1999). Un derivado químico de la leptospermona, un componente de los aceites esenciales de *Leptospermum scoparium* (Saxena y Pandey, 2001.), origino al mesotrione (Mitchell *et al.*, 2001), el ingrediente activo del herbicida comercial Callisto®, un herbicida sistémicos, selectivo y de aplicación post emergente, el cual puede controlar malas hierbas que han desarrollado resistencia a la antrazina, principalmente aplicado en cultivos de maíz. Otros derivados de la leptospermona, la sulcortiona, ha sido comercializado en Europa por la Bayer CropScience bajo el nombre de Mikado®, siendo también un herbicida post emergente, utilizado

ampliamente en los cultivos del maíz y caña de azúcar frente a una gran variedad de malas hierbas (Isman y Akhtar, 2007).

Estos ejemplos de productos naturales con una amplia aplicación en el control de malas hierbas, demuestra la aplicabilidad de la explotación de los productos de origen natural como fuente de una amplia variedad de compuestos con actividades biológicas importantes. Aquí solo se ejemplifican aquellos compuestos de origen vegetal para el control de malas hierbas, sin embargo, otras fuentes naturales como metabolitos a partir de cultivo de microorganismos, son también una fuente rica en compuestos novedosos, no solo con actividad fitotóxica, sino insecticidas (Sparks et al., 2001), repelentes y larvicidas , entre otras actividades.

2.12. Importancia alimenticia del frijol, cebolla y pepino y Perjuicio causado por las malezas a estos cultivos

2.12.1. Frijol

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes en la alimentación de muchos países. En América Central hay cerca de 350, 000 ha del cultivo con rendimientos de sólo 660 kg/ha (Anon. 1987).

Existen varios sistemas de cultivo del frijol. En algunas áreas, se cultiva intercalado principalmente con maíz o, en ciertas situaciones, con cultivos perennes, tales como la caña de azúcar, árboles frutales y café. En áreas de El Salvador, Guatemala y Honduras, el frijol se cultiva después del maíz, lo que permite la utilización racional de las lluvias al final del año. En la zona occidental de Cuba, el frijol se siembra después de la cosecha del arroz, lo que facilita la reducción de las infestaciones de arroz rojo. En Costa Rica, el 63% de las áreas de frijol se desarrolla bajo el sistema de acolchado, el que consiste en la siembra al voleo de las semillas de frijol en las áreas con malezas, las que son poco después cortadas. Este sistema es principalmente practicado en fincas o predios pequeñas, pero también en áreas de hasta 20 ha (Alfaro 1984). En todas estas áreas, el frijol se cosecha al momento de la madurez completa o, a veces antes, debido a la incidencia de la pudrición de las vainas provocada por fuertes

ataques de enfermedades foliares y favorecidas por altas infestaciones de malezas en el campo.

Problemas de malezas

La flora de plantas indeseables predominantes son: *Amaranthus* spp., *Baltimora recta* L., *Bidens pilosa* L., *Melampodium dívaricatum* DC., *Tridax procumbens* L., *Chamaesyce hirta* (L.) Milisp., *Euphorbia heterophylla* L., *Mimosa pudica* L., *Portulaca oleracea* L., *Parthenium hysterophorus* L., *Solanum nígrum* L. entre otras. Las gramíneas y ciperáceas incluyen *Conchrus* spp. *Digitada* spp., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Echinochloa colona* (L.) Link, *Setaria* spp., *Ixophorus unisetus* (Presl) Schlecht., *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton, *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cyperus esculentus* L. y *C. rotundus* L.

Período crítico de la competencia de malezas. El frijol, es altamente susceptible a la competencia temprana de las malezas, pero su producción puede ser igualmente afectada por la emergencia tardía de malezas, favorecida por la pérdida del follaje de la planta cultivable durante el período de su reproducción. El período crítico de competencia se halla entre los 10 y 30-40 días después de la emergencia de la planta cultivable (Nieto *et al.* 1968). Durante este período, las malezas pueden extraer 42, 6 y 36 kg de N, P y K/ha, respectivamente (Labrada y García 1978).

2.12.2. Cebolla

La cebolla (*Allium cepa*) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia comercial a nivel mundial, el área de siembra de la cebolla en el mundo es actualmente de 3.53 millones de hectáreas, produciéndose 65.99 millones de toneladas métricas (TM) aproximadamente (Monardes, 2009).

Problemas de malezas

La cebolla (trasplantada o de siembra directa) es muy susceptible a la competencia de las malezas. La cebolla requiere de un ciclo largo de crecimiento, por lo que resulta ser poco competitiva con las malezas, lo que obliga a desarrollar un programa extensivo de manejo de éstas, a fin de garantizar una población satisfactoria de la planta cultivable a lo largo de su ciclo de vida (Cassidy 1988). El período crítico de competencia de malezas en cebolla es de hasta 32-56 días después de la plantación (Deuber y Forster 1975), pero como otras apariciones de malezas pueden tener lugar después de ese período, lo más aconsejable es eliminarlas durante todo el ciclo vegetativo y así prevenir pérdidas de rendimiento a causa de su presencia al momento de la cosecha (Labrada, 1990 y FAO, 1991).

2.12.3. Pepino

Las malezas en el cultivo del pepino deben ser eliminadas durante los 30-40 días después de la emergencia del cultivo y así prevenir las pérdidas de producción (Friesen 1978; Labrada *et al* 1983).

De lo descrito anteriormente está claro que las malezas deben ser combatidas desde el inicio del desarrollo y crecimiento de las hortalizas, y debe ser mantenido hasta que éstas sean capaces de competir efectivamente con las malezas (Weaver, 1984

2.13. Boniato como potencial herbicida

2.13.1. Importancia de *Ipomoea batatas* (L.)

El boniato es muy empleado en la alimentación humana y del ganado así como materia prima en la industria, incluso para la obtención de bebidas alcohólicas, dada su riqueza en sustancias amiláceas y azucaradas. Puede ser usada como una fuente accesible de antioxidantes naturales y suplemento alimenticio o en la industria médico farmacéutica (Dong-Jiann Huang *et al.*, 2004).

Según la FAO (2009) el 82,6% de la producción mundial corresponde a la República Popular China, que con rendimientos de 21,26 t/ha produce alrededor de 108 millones de toneladas.

En Colombia, aunque es uno de sus centros primarios de mayor diversidad genética, la batata como recurso genético y como cultivo se encuentra perdida en los rincones de la huerta casera de unos pocos campesinos tradicionales (Tique et al. (2009). En Cuba se cultiva desde la época precolombina constituyendo en la actualidad una de las especies más importantes en la alimentación de la población debido a su naturaleza rústica, amplia adaptabilidad, corto ciclo y a que su material de plantación puede ser multiplicado fácilmente. El boniato se planta durante todo el año y en todas las regiones del país, y los rendimientos y el área cosechada han ido incrementándose aunque de forma muy discreta (Censo Agrícola Nacional de 1945 -1946) y Comité Estatal de Estadísticas (1975, 1980, 1985), pues aún los rendimientos en condiciones de producción no sobrepasan las 5 t/ha y están debajo del 10% del potencial genético de los cultivares que se emplean en la producción.

El boniato (*Ipomoea batatas* (L.)) constituye un alimento importante como fuente de carbohidratos y se caracteriza como un cultivo de mayor rango de adaptación y estabilidad a las variadas condiciones climáticas de Cuba, así como en exigencias a fertilizantes y aspectos agrotécnicos. (Lima y Morales ,1992).

Según Morales y Lima (1992) en los últimos veinticinco años la agricultura cubana ha utilizado en diferentes grados un total de diecinueve clones de boniato oficialmente reconocidos, pero solamente cinco de ellos ocupaban el 98% de las áreas del país; y según Morales y Maza (2001), en 1999 solo los clones CEMSA-78-354 e INIVIT B-88 ocupaban el 80% de las áreas de boniato a nivel nacional.

El boniato (*Ipomoea batatas*) es originario de América y constituye el séptimo cultivo alimentario en orden de importancia a nivel mundial después del trigo, el arroz, el maíz, la papa, la cebada y la yuca. En Cuba se cultiva desde la época precolombina, constituyendo en la actualidad una de las viandas más importantes en la alimentación de la población. Su producción anual es de 160 000 toneladas aproximadamente.

Debido a su naturaleza rústica, amplia adaptabilidad, corto ciclo y a que su material de plantación puede ser multiplicado fácilmente, el boniato se planta durante todo el año y en todas las regiones del país. (ACTAF, 2007).

CEMSA 78-354. Ciclo: 120 días. Hojas jóvenes violáceas. Raíces tuberosas de color crema y carne blanca de forma alargada, posee abundante desarrollo foliar, presenta un promedio de 3,1 raíces tuberosas por planta. Potencial de rendimiento 43 a 48 t/ha.

2.13.2. Trabajos realizados con *Ipomoea batatas*.

Puerto, (2002) estudió el efecto alelopático de extractos acuoso y restos de cosecha de boniato (*I. batatas*) sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Constató efectos estimulantes sobre los cultivos Calabaza, Melón, Maíz, Sorgo, y Rábano y efecto inhibitorio en el Frijol. En cuanto a las malezas se observó efecto inhibitorio de Lechosa (*Euphorbia heterophylla* L.), Bledo (*Amaranthus crassipes* Schlecht), Verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y Mete bravo (*Echinochloa colona* (L.) Link.).

Torres *et al.*, (2003) trabajó con extractos y residuos de boniato, obteniendo como resultado efectos estimulantes en cultivos como calabaza, melón, maíz y sorgo y el control de malezas asociados a estos cultivos.

Fernández (2006) estudió el comportamiento alelopático de residuos de *I. batatas* sobre la germinación y crecimiento de cultivos como: cebolla, pimiento y tabaco. Además evaluó el comportamiento de las malezas bajo las dosis tratadas. Los resultados obtenidos mostraban que no había efecto ninguno en la germinación de los cultivos, sin embargo, el crecimiento de la radícula de cebolla se vio estimulada bajo la máxima dosis aplicada. Para las malezas el boniato resultó tener un marcado efecto inhibitorio sobre la germinación y peso seco de las especies en el área de estudio.

Por su parte (Hernández, 2007) demostró estimulación de los restos de boniato en cultivos como el tomate y la col, y expuso el control de malezas a medida que aumentaban las dosis de aplicación.

Valdés (2008) trabajó el efecto de residuos de *Ipomoea batatas* (L.) Lam. sobre el crecimiento de cebolla (*Allium cepa*), rábano (*Raphanus sativus* L.) y las malezas asociadas. Obtuvo como resultado el incremento de la altura, número de hojas y diámetro de la hoja más larga de cebolla. Aumentaron peso fresco y diámetro del tubérculo de rábano. También observo la reducción del número de malezas y su biomasa seca.

Núñez (2008) determinó el efecto estimulante de residuos de *Ipomoea batatas* en el crecimiento y rendimientos del cultivo de pepino en condiciones de cultivo protegido. Observo un incremento significativo del rendimiento solamente para la dosis máxima de 150%. Sin embargo todas las dosis superaron al control en el peso promedio de los frutos y en la longitud media del fruto.

Pupo (2008) estudió los efectos alelopáticos de diferentes fracciones, obtenidas a partir del extracto acuoso de boniato (*I. batatas*), sobre las especies *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol), *Cucumis sativus* L. (Pepino), *Sorghum vulgare* Pers. (Sorgo), evaluando el crecimiento posterior la germinación, en tubos de crecimiento de tejidos. Constató que a medida que aumentaron las concentraciones aumentó el efecto inhibitorio sobre el crecimiento del hipocótilo y de la radícula de las plantas de *C. sativus*. En plántulas de *P. vulgaris.*, las fracciones 4 y 5 estimularon significativamente al hipocótilo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Fisiología vegetal y Bioquímica, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), en el período comprendido de noviembre 2011 a Marzo 2012.

Preparación del material vegetal

La especie vegetal utilizada como alelopática fue *Ipomoea batatas* (L.) Lam. (Clon CEMSA 78-354), la cual fue colectada al azar y en forma diagonal según las orientaciones de John *et al.* (2006). La recolección de los restos (Hojas, tallos y flores) se realizó en la fase fenológica de floración según metodología de Espejo *et al.* (2010) en áreas de este cultivo del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) Santo Domingo, provincia Villa Clara. El material vegetal, una vez troceado, fue secado en estufa (Memmert modell 100) a 70°C hasta peso constante según Puente (2007). Una vez secado, el material vegetal se molió en un molino de martillo (Veb Nosser 8225 Nossen), con un tamiz acoplado de 1 mm de diámetro.

Obtención del extracto acuoso de *I. batatas*. El extracto fue elaborado siguiendo la metodología descrita por An *et al.* (1997), remojando el material vegetal ya pulverizado en agua destilada a razón de 1:30 (p/v) y 1:15 (p/v), durante 15 minutos a 80°C. La mezcla se filtró por gasa doble y luego con papel del filtro (Watman 40), obteniéndose el extracto acuoso de boniato empleado en los diferentes bioensayos.

	Extracto de <i>I. batatas</i> (0,033 g/mL)	Extracto de <i>I. batatas</i> (0,067g/mL)
pH	7,39	7,7
Potencial Redox (mV)	34,7	50,8
Total de sólidos disueltos (TDS) (mg L)	5030	10160
Conductividad (mS/cm)	4,97	9,31
Salinidad	2,6	5,3

Efecto de concentraciones de extracto de *I. batatas* sobre la germinación y el crecimiento de cultivos en condiciones “*In Vitro*”

El experimento se realizó bajo condiciones homogéneas de luz, temperatura y humedad en placas de Petri (Ø 14 cm) previamente lavadas y esterilizadas. Las semillas de *Phaseolus vulgaris* var. Wacute (Frijol), *Cucumis Sativus* var. SS-5 (Pepino) y *Allium cepa* L. Var. Yellow FF1 (Cebolla) se desinfectaron previamente con hipoclorito de sodio al 1% por 3 minutos y se lavaron varias veces con agua destilada antes de la siembra en las placas, Se colocaron 25 semillas de cada especie en el interior de las

placas, usando como sustrato papel de filtro. Esto se replicó 4 veces para un total de 100 semillas por especie, además se consideró un testigo con igual número de semillas. Se trataron con una dosis única de 10 mL de extracto acuoso de *I. batatas*, en dos concentraciones 0.033 y 0.067 g mL⁻¹ y al control se le agregó agua destilada. El experimento se mantuvo por siete días, en humedad constante.

Variables evaluadas: se realizó el conteo de las semillas germinadas cada 6 horas con lo cual obtuvimos la velocidad de germinación (VG), así como el tiempo medio de germinación (TMG), según metodología de Chiapusio *et al.* (1997). Además se midió germinación total (GT), longitud del hipocótilo y la radícula, masa fresca y seca de las plántulas.

El **diseño del experimento fue completamente aleatorio**, y los datos se procesaron con el paquete estadístico Stargraphics 5.0, para Windows y se aplicó análisis de varianza simple usando Duncan para los resultados paramétricos y Kruscal- Wallis para los no paramétricos.

Efecto de los extractos acuosos de *I. batatas* sobre la actividad de las oxidasas del AIA y el daño a las membranas celulares de plántulas de frijol

- **Actividad de las oxidasas del AIA**

Se sembraron en bandejas semillas de frijol sobre suelo Pardo Sialítico Medianamente Lavado según clasificación de Hernández *et al.* (1999). A los 30 días se extrajeron del suelo las plantas y se lavaron bajo agua corriente por cinco minutos. Se colocaron dos plantas por tubo de ensayo (en total cinco tubos de ensayo), conteniendo cada uno, 20 mL de extracto acuoso de *I. batatas*. Las plantas permanecieron por dos horas expuestas al extracto y luego se lavaron por cinco minutos en agua corriente y se procedió a determinar de la actividad de las Oxidasas del AIA .

-Extracción de proteínas: Se tomaron dos gramos de tejido radicular de las plantas tratadas con extracto y otras tratadas con agua destilada, como control. Se tomaron ocho muestras de cada tratamiento y se maceraron usando nitrógeno líquido. Luego se homogeneizó en 7 mL de solución tampón (Fosfato de Potasio 50 mM, pH 6.6). El

homogeneizado se centrifugó dos veces a 3500 rpm durante 15 minutos a 4 °C, desechando cada vez el precipitado. El segundo sobrenadante constituyó el extracto crudo. A 10 mL de extracto crudo se le agregaron tres volúmenes de 30 mL de acetona 50% v/v y se dejó reposando a -20 °C durante cuatro horas. Luego se centrifugó a 3500 rpm por 40 minutos a 4 °C. El precipitado obtenido se disolvió en 4 mL de tampón fosfato de potasio (50mM, pH 6.6), obteniendo así la fracción proteica. Se determinó la concentración de proteínas por el método de Bradford (1976), usando seroalbúmina de bovino como estándar proteico. De la proteína total extraída de plantas tratadas con extracto y no tratadas, se prepararon muestras a la concentración de 40 $\mu\text{g mL}^{-1}$, para determinar la actividad enzimática.

-Actividad enzimática del AIA-Oxidasas. Se siguió el protocolo descrito por Latsague *et al.* (2007). Se partió de un extracto parcial de proteínas a 40 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Se preparó la mezcla de reacción: 0,76 mL de tampón fosfato de potasio 50 mM a pH 6,0 con 0,01 mL de cloruro de magnesio 5 mM; 0,01 mL de 2-4-diclorofenol 5 mM, 0,02 mL de AIA 1,4 mM, y 0,2 mL de extracto proteico. El volumen final de la mezcla de la reacción es de 1,0 mL. El ensayo se mantuvo por 1 hora a 25 °C en oscuridad. Para determinar actividad enzimática de las oxidasas del AIA se utilizó el reactivo de Salkowski, midiendo la absorbancia a longitud de onda de 530 nm. La concentración se determinó ploteando la absorbancia en una curva patrón de una solución de AIA. Una unidad de actividad AIA-oxidasas es equivalente a 1 mM AIA mg^{-1} de proteína. h^{-1} .

- **Permeabilidad celular y conductividad eléctrica**

Se sembraron 25 semillas de frijol en bandejas de poliestireno, con zeolita como sustrato. A los 15 días se colocaron dos plántulas por tubo de ensayo, conteniendo 20 mL de extracto de *I. batatas*. Se montaron 5 tubos, que constituyeron 5 réplicas de cada tratamiento, considerándose además un testigo con agua destilada. Las plántulas se expusieron al extracto acuoso por dos horas, luego se lavaron bien con agua destilada, varias veces. Se sumergieron las raíces por 1 hora en agua desionizada para que liberaran los iones del espacio externo celular y después se sumergieron nuevamente, también en agua desionizada por 4 horas más, cambiando las plántulas

cada hora a un nuevo recipiente con dicho tipo de agua y al final se midió la conductividad en el pH-conductímetro (Inolab Level 1, Alemania) cada hora.

- **Concentración de fosfatos inorgánicos liberados**

Se sembraron semillas de *Phaseolus vulgaris* en placas de Petri, bajo las concentraciones de $0,033 \text{ g.mL}^{-1}$ y $0,066 \text{ g.mL}^{-1}$, considerando un control tratado con agua destilada, y a los 7 días de germinadas se tomaron dos gramos de hipocótilo de plántulas tratadas y sin tratar con extracto y se les midió la concentración de fosfatos inorgánicos liberados al medio acuoso, según la técnica descrita por **Vázquez y Torres (1987)**.

Evaluación de los residuos de *I. batatas* incorporados al suelo sobre la germinación y crecimiento de malezas y cultivos bajo condiciones semicontroladas.

La colecta del suelo se llevó a cabo en el campo dos de la Estación Experimental Agrícola “Álvaro Barba Machado” de la UCLV, el cual fue tomado de los primeros 5 – 10 cm de profundidad. Se eligió este campo por tener gran contenido de malezas y además por no haber sido cultivado anteriormente con ninguna especie de reconocido efecto alelopático, (como por ejemplo: girasol, sorgo y soja) para evitar enmascarar los resultados esperados.

La toma de muestras del suelo se realizó al azar en quince puntos del campo, con un total de 130Kg. Una vez secado al aire fue tamizado (\emptyset 5mm) y homogeneizado, para lograr una uniformidad de las semillas de malezas contenidas en él.

Luego se procedió a mezclar el suelo con los residuos de boniato en forma de harina, en las dosis 100%, 60% y 30% y un control al cual no se le aplicó restos. Y se consideraron dos tratamientos más, uno en cual se la germinación espontánea de malezas sin las aplicación de restos ni la asociación con cultivos, y La dosis del 100% de residuos se hizo coincidir con la media de masa seca de restos (tallos y hojas) por cada metro cuadrado de una plantación de *I. batatas*, clon CEMSA 78-354 (560g/m^2).

Se llenaron 60 bandejas (24 grandes de 0,061 m² y 36 parcelas pequeñas de 0,036 m² de superficie), a razón de 6 bandejas por cada tratamiento.

- **Variante malezas asociadas a cultivos**

A los 45 días de montado el experimento se contó el número total de malezas germinadas, se clasificaron en mono y dicotiledóneas y se pesaron en total y por clases. Además se hizo una comparación de los controles de pepino, cebolla y con un control absoluto, para determinar si alguno de los cultivos tenía un efecto alelopático sobre la germinación y crecimiento (Peso seco) de las malezas.

- **Variante restos de boniato sobre malezas sin asociación con cultivos**

Se realizó el montaje en parcelas experimentales en las cuales no había sido sembrado ningún cultivo, a seis de ellas se les aplicó restos de boniato a una dosis de 50% y se consideró seis testigos. Se evaluó a los 45 días el total de emergencia de semillas, se las clasificó y se tomó el peso seco por cada especie.

- **Variante cultivos**

En cada parcela grande se sembraron 10 semillas de pepino variedad SS5 y en cada parcela pequeña 10 semillas de cebolla variedad YELLOW FF1 (pregerminadas), en total 240 semillas por especie. Estos cultivos se eligieron por tener alta demanda popular y por ser muy afectados por las interferencias causadas por las malezas. Estas semillas fueron adquiridas en la Empresa de Semillas del Municipio de Santa Clara. Tenían como propiedad un porcentaje de **germinación superior al 90%**.

Pepino variedad: SS5

Cebolla variedad: YELLOW FF1

El montaje del experimento se llevó a cabo utilizando bandejas de poliestireno, en las cuales previamente había sido depositado el suelo ya mezclado y homogenizado con las dosis de restos de boniato según nombradas anteriormente.

A los 45 días se evaluaron las variables: largo del hipocótilo, radícula, diámetro del tallo, área foliar, número de hojas, número de flores, peso fresco y seco de las plantas de pepino.

La cebolla se evaluó a los sesenta días midiéndole el número de hojas, largo de la hoja principal, diámetro de las hojas, largo de la radícula, peso fresco y peso seco de las plantas.

El diseño experimental utilizado para esta prueba fue un bloque completamente al azar con 4 tratamientos considerando el testigo y 6 repeticiones. 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.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos del Extracto Acuoso de *I. batatas* sobre la germinación y crecimiento de frijol, cebolla y pepino In Vitro.

- **Frijol**

Germinación. El extracto acuoso de *I. batatas*. Clon CEMSA 78-354 (boniato, camote, *sweet potatoes*) no produjo inhibición de la germinación total de las semillas (GT) de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Wacute) en las dos concentraciones utilizadas. Sin embargo, ambas concentraciones de extracto redujeron la velocidad de germinación de las semillas (VG), requiriendo como promedio, hasta 2 días para alcanzar el momento de germinación o tiempo medio de germinación (TMG). Existieron diferencias significativas entre los efectos inhibitorios de ambas concentraciones de extracto y de éstas con el control (Tabla 1). Lo anterior evidenció que con el aumento de la concentración se incrementó el efecto inhibitorio, debido a un aumento proporcional de

la concentración de los aleloquímicos, en las semillas de la planta receptora, coincidiendo con An *et al.*, (2005).

Esta inhibición de la velocidad puede deberse a cierta limitación en la disponibilidad de enzimas hidrolíticas (α -amilasas y proteasas) y reducción de la mitosis, que son capaces de provocar algunas cumarinas encontradas en los tejidos de plantas alelopáticas (Sampietro, 2003), que también fueron halladas en los resto en boniato por Pupo (2008)

Tabla1. Efecto del extracto acuoso de *I. batatas* sobre la germinación de frijol *in vitro*. Medias con letras distintas, difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

Concentraciones del extracto (g mL ⁻¹)	N	GT (%)		VG (semillas/día)		TMG (Días)	
Control	4	80,00	a	8,83	a	1,47	a
0.033	4	80,00	a	5,87	b	1,84	b
0.067	4	79,00	a	3,83	c	2,05	c
EE (x)	-	±0,03		± 0.94		± 0.054	

Pepino

Se constató que el extracto acuoso de *I. batatas* no produjo ningún efecto sobre las semillas de pepino en las variables de germinación total y velocidad de germinación (Tabla 2). Sin embargo la concentración más alta redujo el tiempo medio de germinación, requiriendo así las semillas más tiempo para alcanzar el momento de germinación.

Calabrese y Baldwin (2003) destacan que la manifestación alelopática se hace mas inhibitoria a concentraciones altas, fenómeno ampliamente observado en respuesta a los aleloquímicos liberados por las plantas.

Tabla 2. Efecto del extracto acuoso de *I. batatas* sobre la germinación de pepino *in vitro*. Medias con letras distintas, difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

Concentraciones del extracto (g mL ⁻¹)	N	GT (%)		VG (semillas/día)		TMG (Días)	
Control	4	100	a	10	a	1,000	a
0.033	4	100	a	10	a	1,025	ab
0.067	4	100	a	10	a	1,038	c
EE (x)	-	$\pm 0,00$		$\pm 0,00$		$\pm 0,014$	

Cebolla

En el caso de la cebolla se demostró que el extracto tuvo un efecto alelopático negativo en la germinación total de las semillas, bajo la máxima dosis aplicada. Sin embargo no afectó la velocidad ni el tiempo medio de germinación (Tabla 3).

Dogan *et al.* (2006) obtuvo similares resultados usando extractos acuosos de rábano sobre la germinación de soya, en la cual se vio disminución de la germinación de semillas solo bajo la más alta concentración. En diferentes estudios de sistemas alelopáticos se ha verificado que el aumento de la concentración puede conllevar al incremento del efecto inhibitorio (Espejo, 2010; Narwal, 2001; Sampietro, 2003; Stompor-Chrazan, 2004; Zhang *et al.*, 2005), siempre y cuando el compuesto alelopático se encuentre en el rango de actividad.

Tabla 3. Efecto del extracto acuoso de *I. batatas* sobre la germinación de cebolla *in vitro*. Medias con letras distintas, difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

Concentraciones del extracto (g mL ⁻¹)	N	GT (%)		VG (semillas/día)		TMG (Día)	
Control	4	81,25	a	2,54	a	2,64	a
0.033	4	85,00	ab	2,19	a	2,98	a
0.067	4	67,50	b	2,4	a	3,01	a
EE (x)	-	$\pm 0,45$		$\pm 0,19$		$\pm 0,36$	

Crecimiento de las plántulas de frijol. El extracto de *I. batatas* inhibió el crecimiento longitudinal del hipocótilo y la radícula de frijol comparado con las plantas control,

tratadas con agua solamente. Se constató un 17,8 y 44,4 % de inhibición del hipocótilo, respecto al control, para la menor y mayor concentración respectivamente; con diferencias estadísticamente significativas entre ellas (Figura. 1). El efecto manifestado fue igualmente dependiente de la concentración del extracto, observándose mayor inhibición con el incremento de la concentración.

La menor concentración de extracto estimuló el crecimiento de la radícula, en aproximadamente un 15 %, mientras con la otra concentración se logró una inhibición en más de un 14 %. La concentración de 0.03 g mL^{-1} resultó estimular el crecimiento de la radícula, sin embargo produjo inhibición del hipocótilo. Hernández (2007), señaló la posibilidad de que el extracto de *I. batatas* inhibiera las oxidasas del ácido indol-acético (AIA-O), hipótesis que ha sido negada con los resultados obtenidos en este trabajo (acápite 4.2). Así mismo un efecto estimulante sobre las AIA-O, como los que pueden ejercer el ácido *p*-cumárico, reportado en el boniato (Peterson *et al.*, 2005), puede reducir los niveles de AIA en la planta ante lo cual el hipocótilo deja de crecer normalmente, mientras la radícula se estimula. Este efecto se debe a la respuesta diferencial de raíces y tallos a las concentraciones del AIA, donde las raíces son estimuladas a más bajas concentraciones de AIA, bajo las cuales los tallos dejan de crecer (Vázquez y Torres, 2006).

También algunos compuestos fenólicos inhiben la acción de otras fitohormonas como las giberelinas y el ácido Abscísico (ABA) importantes en el crecimiento. Por ejemplo se sabe que los ácidos ferúlico, *p*-cumárico, vainílico y las cumarinas inhiben el crecimiento inducido por giberelinas (Pazmiño, 1999 y Sampietro, 2003), pudiendo ser esta una forma a través de la cual se logró el efecto del extracto.

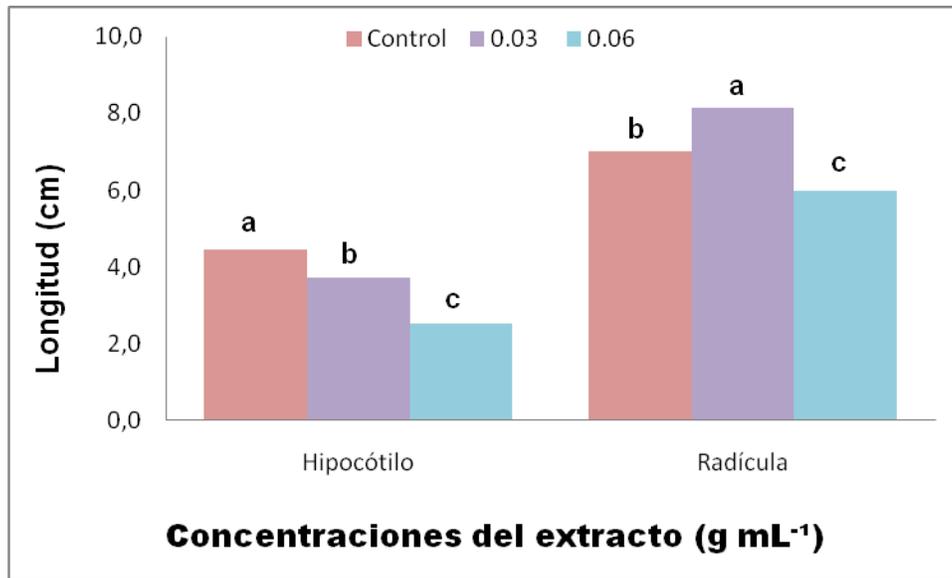


Figura 1. Efectos de las diferentes concentraciones del extracto acuoso de *I. batatas* sobre la longitud de la radícula y del hipocótilo de plántulas de frijol in vitro. Medias con letras distintas difieren por Kruskal-Wallis para $p \leq 0,05$.

Masa fresca y seca. El extracto acuoso de *I. batatas* produjo una ligera inhibición de la masa fresca de frijol, que fue desde 5,5 % para la concentración más baja hasta 8,9 % para la máxima, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambas concentraciones del extracto (Figura 2a). La concentración de 0.06 g mL⁻¹ demostró cierta estimulación en la producción seca, comparado con el testigo y 0.03 g mL⁻¹, quienes no se diferenciaron entre sí (Figura 2a).

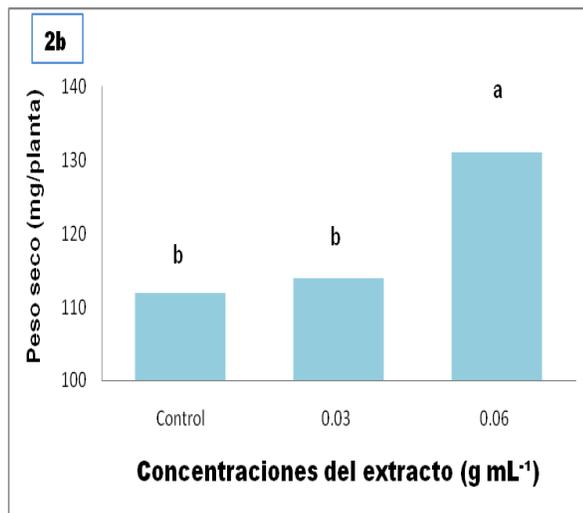
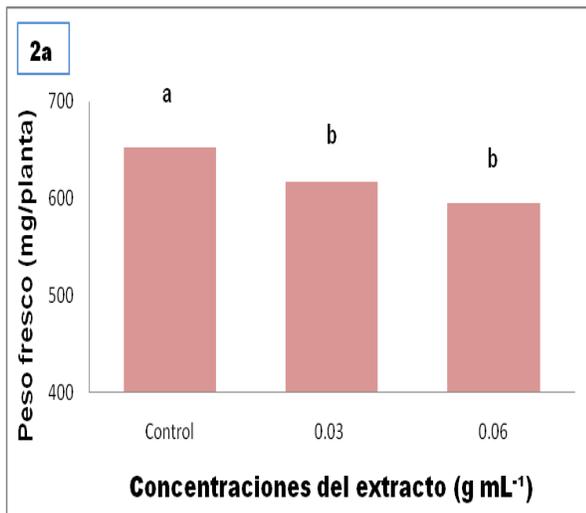


Figura 2. Efectos de las diferentes concentraciones del extracto acuoso de *I. batatas* sobre el peso fresco y seco de plántulas de frijol in vitro. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

De acuerdo con Vásquez y Torres (2006) un mayor crecimiento en longitud no siempre va acompañado de un aumento de la masa seca, sobre todo si las plantas no están creciendo en condiciones de luz normalmente intensa. Bajo estas condiciones las plantas del control pudieran no haber crecido consistentemente, o sea se alargaron en ausencia de suficiente luz intensa y como consecuencia sus tejidos contenían mucha agua. Mientras las plantas inhibidas por el efecto del extracto, dedicaron una menor cantidad de las sustancias producidas a crecer, que a reservar y como consecuencia lograron mayor masa seca, a expensas también de un menor gasto de sus reservas.

Efectos inhibitorios sobre frijol fueron reportados anteriormente por Torres *et al.* (2003). Aunque se desconocen las variedades de cada especie estudiadas en este trabajo, se sabe que no coinciden con las empleadas en el presente trabajo. Esto es un aspecto importante del efecto alelopático, pues diferentes variedades de una misma especie pueden manifestar respuestas diferentes a un mismo agente aleloquímico. Así lo comprobó Arshad *et al.* (2007) al aplicar extractos acuosos de hojas y tubérculos de *Cyperus rotundus* L. (cebolleta) sobre diferentes genotipos de *Oryza sativa* L. (arroz). Los genotipos Basmati y KS-282 fueron altamente susceptibles a los extractos de *C. rotundus*, mientras que IRRI-8 e IRRI-fine se manifestaron tolerantes. Pupo (2008) reportó efectos estimulantes en el crecimiento de frijol de la variedad ICA- Pijao, también tratados con extracto acuoso de *I. batatas*, resultados que difieren de los encontrados en este trabajo. Sin embargo Torres *et al.* (2003) con empleo tallos y hojas del mismo clon de boniato (CEMSA 78-354) que estaba en pleno desarrollo, ya cercano a la cosecha, obtuvieron resultados muy similares sobre frijol y pepino. Queda entonces claro que la época de recolección de los residuos de boniato y las especies y variedades son factores reconocidos, que influyen en el contenido de determinados aleloquímicos en los tejidos y por tanto en la manifestación del potencial alelopático de los residuos empleados. Esta idea fue desarrollada por John *et al.* (2006) al tratar aspectos metodológicos de la recolección del material vegetal para monitorear el potencial alelopático de una especie dada.

Crecimiento de las plántulas de Pepino

El extracto acuoso de *I. batatas* estimuló el crecimiento longitudinal del hipocótilo y la radícula de pepino y se constató un incremento significativo de 56 y 83 % de estimulación del hipocótilo en la menor y mayor concentración respectivamente. Igualmente la radícula se vio estimulada en un 62 y 76% para las mismas concentraciones. 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).

Pupo (2008) en el uso de extracto de boniato obtiene resultados coincidentes con los de este trabajo, a pesar de que las variedades tratadas no eran las mismas.

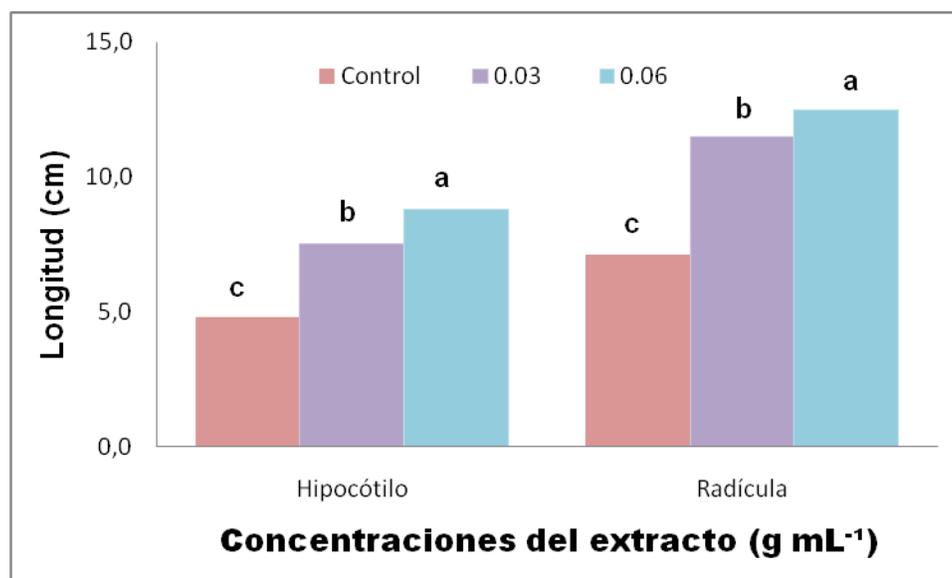


Figura 3. Efectos del extracto acuoso de *I. batatas* sobre la las longitudes del hipocótilo y la radícula de plántulas de pepino in vitro. Medias con letras distintas difieren por Kruskal-Wallis para $p \leq 0,05$.

Masa fresca y seca. El extracto acuoso de *I. batatas* provocó un efecto estimulante tanto en la producción de la masa fresca, como en la masa seca de las plántulas

tratadas en comparación con el control. Se alcanzaron 24 y 52% de estimulación para la más baja y más alta concentración respectivamente, con diferencias estadísticamente significativas entre ellas, para el caso de la masa fresca (Figura 4a). Por su parte la masa seca mostró un incremento bajo la concentración de 0,06 g mL⁻¹ de 12,5%, comparado con el testigo y 0.03 g mL⁻¹, quienes no se diferenciaron entre sí (Figura 4b).

Bower (1991), citado por Puente (1998), señala como para que se produzcan los efectos alelopáticos ya sean de carácter positivo o negativo, directos o indirectos, la concentración de las sustancias aleloquímicas es de gran importancia y a esto se une el papel de la sensibilidad de la especie receptora.

El efecto alelopático inhibitorio de los cultivos precedentes en rotaciones de cultivos es algo muy conocido. Einhellig (1995) demostró 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. También 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).

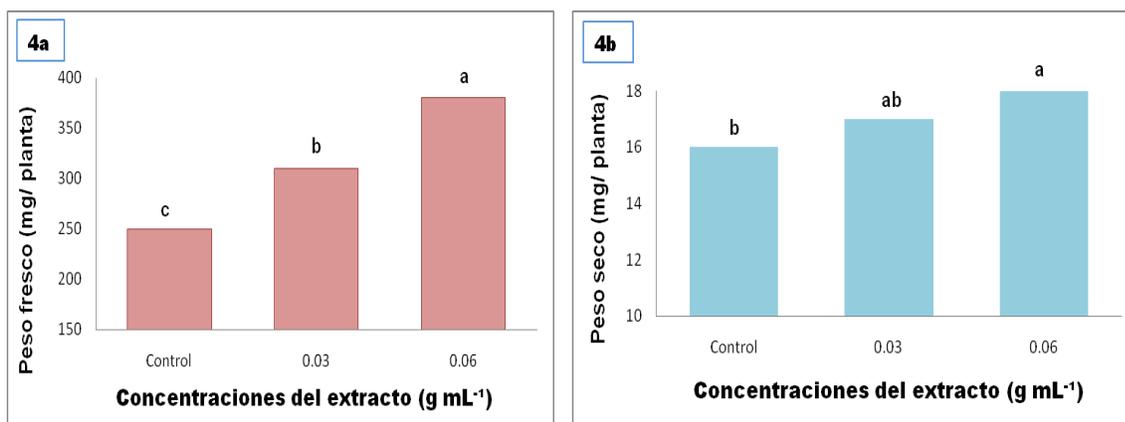


Figura 4. Efectos de las diferentes concentraciones del extracto acuoso de *I. batatas* sobre el peso fresco y seco de plántulas de pepino in vitro. Medias con letras distintas difieren por Duncan para ≤ 0.05 .

Crecimiento de las plántulas de Cebolla.

Al igual que en las plántulas de pepino, el extracto de boniato mostró estimulación en el crecimiento del hipocótilo y radícula de la cebolla con la máxima concentración empleada (Figura 5). Para el crecimiento longitudinal se constató un estímulo de del 10% en la concentración más alta, con diferencias estadísticamente significativas con respecto al control y la baja concentración, las cuales no difirieron entre sí. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Valdés (2008) y Torres *et al.* (2003), quienes al aplicar residuos de *I. batatas*, en condiciones experimentales de campo, comprobaron un marcado efecto estimulante sobre todas las variable de crecimiento de la cebolla.

Puente *et al.* (2010) demostró que la elongación del hipocótilo de semillas de *Solanum lycopersicum* (Mill.) tratadas bajo los efectos de compuestos volátiles procedentes de residuos de paja de arroz, en comparación con un control tuvieron un marcado efecto estimulador.

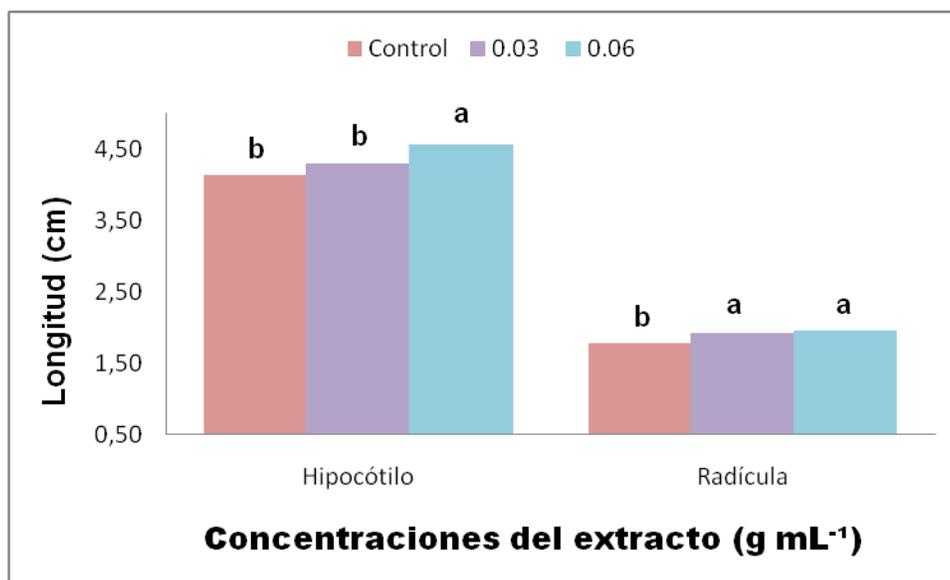


Figura 5. Efectos de las diferentes concentraciones del extracto acuoso de *I. batatas* sobre la longitud del hipocótilo y radícula de plántulas de cebolla in vitro. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

Masa fresca y seca. Las variables de ganancia de peso fresco y peso seco se vieron ligeramente estimuladas bajo los tratamientos utilizados. Un 9% de ganancia de peso fresco bajo la concentración de 0,06 g.mL⁻¹ y un 18,5% en el peso seco para esa misma concentración (Figura 6a y 6b).

Torres *et al.* (2003) obtuvo similares resultados de ganancia de peso seco en cultivos como: sorgo, maíz, melón y pepino. Tanto el efecto estimulador como el inhibidor se hacen más marcados en la mayor dosis de restos aplicada.

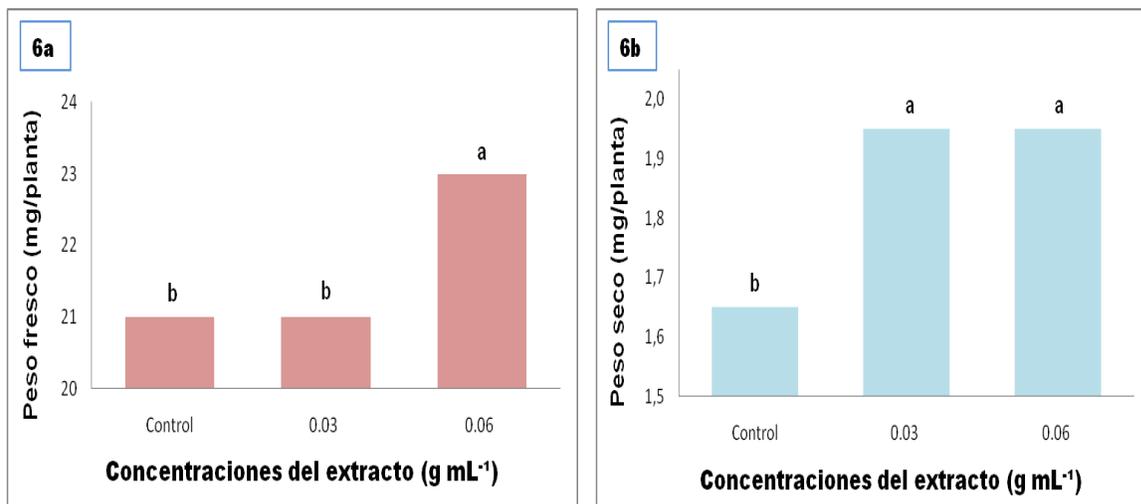


Figura 6. Efectos de las diferentes concentraciones del extracto acuoso de *I. batatas* sobre el peso fresco y seco de plántulas de cebolla in vitro. Medias con letras distintas difieren por Duncan para ≤ 0.05 .

Efecto del extracto acuoso sobre la actividad de las oxidasas del AIA y la permeabilidad de las membranas en plántulas de frijol tratadas con extracto acuoso de *I. batatas*

Oxidasas del AIA

El extracto acuoso de *I. batatas* no afectó significativamente la actividad del complejo oxidásico- del AIA en las plantas de *P. vulgaris* (Figura 6). Este resultado indica que el extracto no influye directamente sobre las oxidasas del AIA y por tanto sobre el crecimiento inducido por esta hormona. Sin embargo un efecto inhibitorio de los niveles

de poliaminas o giberelinas son capaces de afectar también el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, las giberelinas median en la actividad de la auxina, a través de la organización celular de las microfibrillas en el sentido perpendicular al eje de crecimiento, lo cual permite que la auxina ejerza su acción y se logre el crecimiento de la plantas (Taiz y Zeiger, 2002), y quizás esta sea la forma en que los aleloquímicos del boniato

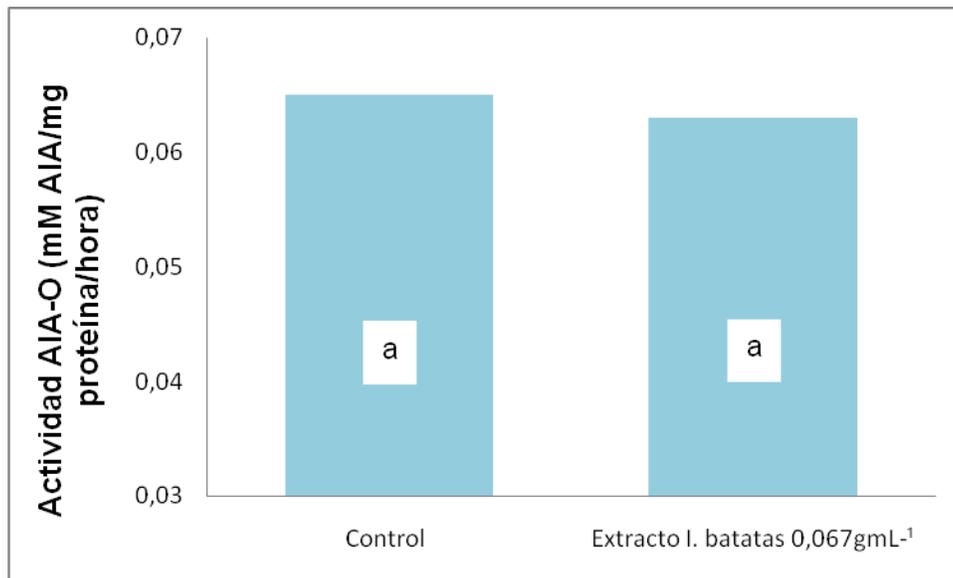


Figura 7. Efectos de la concentración del extracto acuoso de I. batatas sobre la actividad de las oxidasas del AIA de plántulas de frijol. Medias con letras distintas difieren por t 'student $p \leq 0.05$.

- Permeabilidad celular medida a través de la conductividad eléctrica

Se comprobó un mayor valor de conductividad eléctrica del agua en la medida que las plantas tratadas con extracto estuvieron más tiempo colocadas en el medio de liberación (agua desionizada). Excepto en la medición a las tres horas, en todos los momentos de evaluación existieron diferencias estadísticamente significativas entre las plantas tratadas con extracto y las que estaban en agua (Figura 7), que evidencia la posibilidad de que haya habido una salida de iones al agua, lo cual provocó que se elevara la conductividad eléctrica del medio donde se sumergieron las plántulas tratadas.

Experimentos similares realizados por Reigosa *et al.* (2001) con varios ácidos fenólicos, demostraron una salida de iones al medio de liberación, debido probablemente al efecto de despolarización de las membranas celulares que producen algunos de estos fenoles, específicamente el *2-benzoxazolinine* (BOA) y el ácido ferúlico. Esto genera aumento de la permeabilidad celular, con la consecuente salida de iones al medio. Enhelling (2002) refiere que en general las membranas celulares son blanco de los ácidos fenólicos, los cuales pueden actuar sobre los grupos sulfhidrilos de las proteínas transportadoras de iones, afectando la permeabilidad celular y permitiendo que algunos iones salgan al medio extracelular sin posibilidad de ser retenidos por las células.

Se han planteado la acción inductora de la actividad peroxidásica en las paredes celulares de plántulas de pepino, que ejercen algunos ácidos fenólicos como ácido ferúlico y *p*-coumárico (Politycka *et al.*, 2004). Este último aleloquímico, ha sido identificado entre otros fenoles, en la peridermis de tubérculos de boniato (Harrison *et al.* (2005). En particular esta pudiera constituir una de las formas a través de las cuales esta planta es capaz de ejercer su acción alelopática, pues las peroxidases pueden alterar el metabolismo celular de las plantas, creando formas reactivas de oxígenos y radicales libres que pueden afectar la estructura de las membranas y causar pérdidas de fosfatos y energía entre otros trastornos.

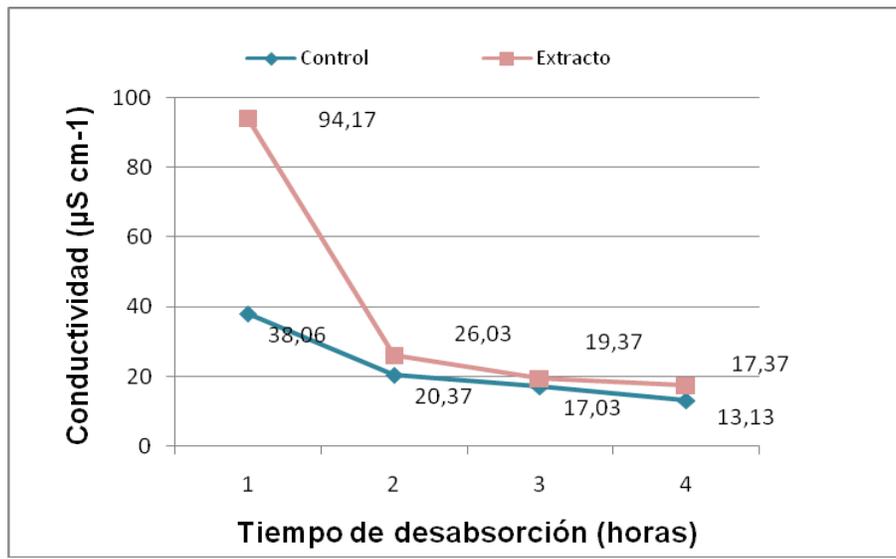


Figura 8. Conductividad eléctrica del agua destilada previo intercambio con raíces de plantas de frijol tratadas con extracto de *I. batatas* o con agua. Excepto a las 3 horas existen diferencias por t 'student $p \leq 0.05$.

- **Permeabilidad celular medida a través de la concentración de fosfatos inorgánicos**

Se pudo comprobar que el extracto acuoso de *I. batatas* indujo una mayor producción y liberación de fosfatos inorgánico, comparado con el control. En las plántulas bajo tratamiento con extracto, los niveles de fosfato ascendieron a 153 y 155 mg.L^{-1} de fosfatos, cuando se trataron con extracto en concentraciones de 0,033 y 0,067 g. mL^{-1} respectivamente, sin diferencias entre ellas un 10% más que el control que tenía 139 mg.L^{-1} (Figura 8). No existieron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones empleadas.

La liberación de los fosfatos es una de las variables que mide el grado de estrés de las plantas. Así mismo un mayor nivel de fosfatos es indicativo de una mayor degradación de las moléculas fosfatadas, entre ellas los fosfolípidos, ATP y cualquier molécula que contenga grupos fosfatos, lo cual da al traste con una pérdida de energía en el sistema y probablemente otras afectaciones estructurales como trastornos en las membranas celulares (Vázquez y Torres, 2006).

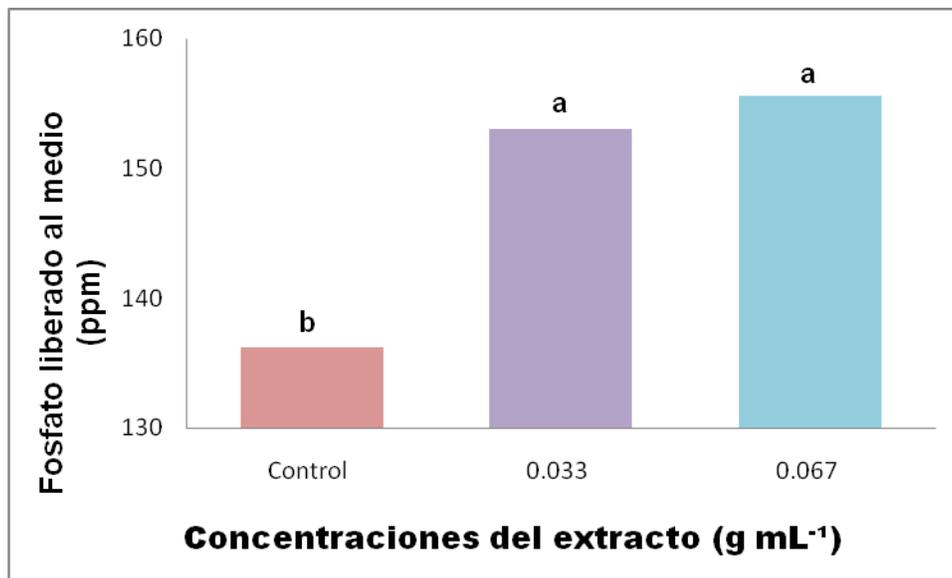


Figura 9. Efectos de la concentración del extracto acuoso de *I. batatas* sobre los niveles de fosfatos en plántulas de frijol. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

Evaluación de los residuos de *I. batatas* incorporados al suelo sobre la germinación y crecimiento de malezas y cultivos bajo condiciones semicontroladas.

- **Malezas asociadas a la cebolla**

Los restos de boniato aplicados al suelo mostraron un notorio efecto inhibitor en la germinación de las semillas de malezas existentes, en el suelo utilizado como sustrato. Se puede distinguir que a medida que aumentó la concentración de los residuos de boniato, disminuyó la cantidad de malezas germinadas. La dosis del 100% de residuos inhibió significativamente la germinación de las malezas tanto dicotiledóneas como monocotiledóneas (figura 9).

Se constató una reducción de la aparición de malezas dicotiledóneas de un 61,8% bajo la más alta dosis, con diferencias estadísticamente significativas entre esta y el control. Las dosis de 30 y 60% mostraron también inhibición de la germinación de malezas, pero sin diferencias comparadas con el control.

Se vio un marcado efecto alelopático negativo en la germinación de especies monocotiledoneas, con un alto porcentaje de inhibición, para las tres dosis utilizadas, sin que existieran diferencias significativas entre ellas. Efectos similares sobre la inhibición de la germinación de malezas reporta Dogan (2006) quien al trabajar con extractos de rábano probó que disminuía la aparición de malezas como: *Portulaca Oleracea*, *A. Retroflexus* y *X. strumarium*, en 56, 42 y 49% respectivamente, también este autor reporta inhibición en malezas del tipo monocotiledoneas como: *Sorghum halepense* y *Cynodon dactylon*, bajo la concentración de 100% de extractos de rábano.

Puerto (2002), Torres et al. (2003), Hernández (2007) y Valdés (2008), reportan el efecto inhibitorio de los restos de boniato sobre malezas asociadas a cultivos de interés agrícola. **Quedo aquí**

Valdés (2008) plantea un posible efecto alelopático de la cebolla sobre la germinación de malezas, resultado que coincide con los obtenidos en este trabajo, en el cual se aprecia que el número de malezas fue menor en la asociación cebolla- malezas que en pepino- malezas.

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.

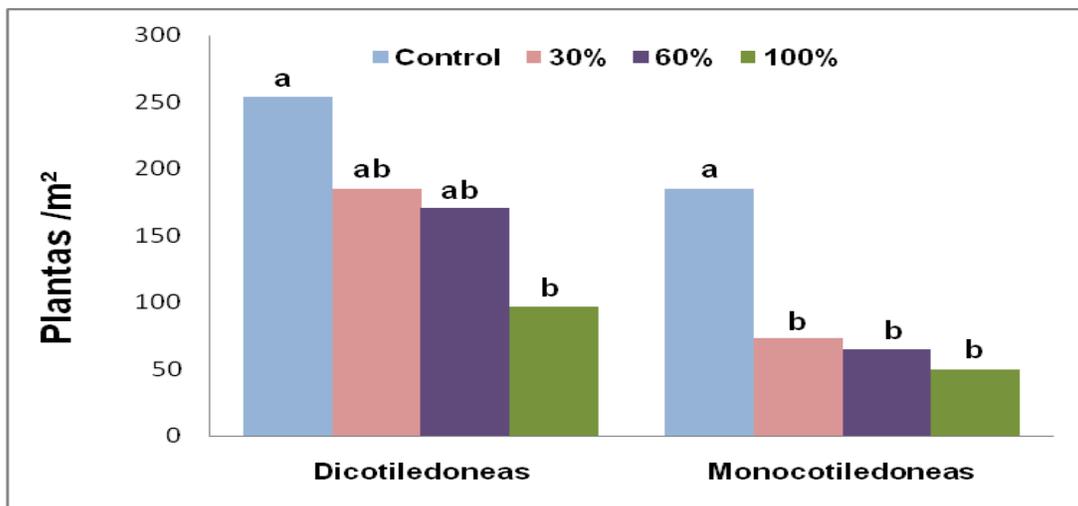
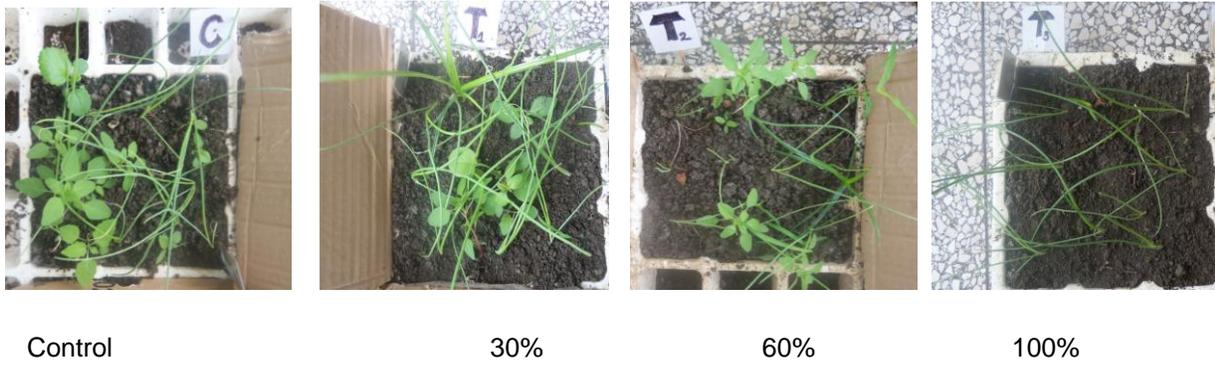


Figura 10. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre la germinación de las malezas asociadas a cebolla. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.



Masa seca: Los residuos de *I. batatas* ejercieron un efecto negativo en el contenido de masa seca de las malezas asociadas a la cebolla, bajo la dosis de 100%, en comparación con el control, se alcanzó 73% de inhibición. Las dosis de 30 y 60% tendieron a disminuir el enmalezamiento pero sin diferencias significativas respecto al control, en el caso de las malezas dicotiledóneas (Figura 10).

Las malezas monocotiledóneas tuvieron efecto inhibitorio para la variable de masa seca, con la utilización de la máxima dosis, las demás dosis no presentaron diferencias significativas con respecto al control.

Puerto (2002), Torres *et al.* (2003), Fernández (2006), Hernández (2007) y Valdés (2008) obtuvieron resultados muy similares a los de este trabajo, lo que demuestra el potencial de los residuos 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.

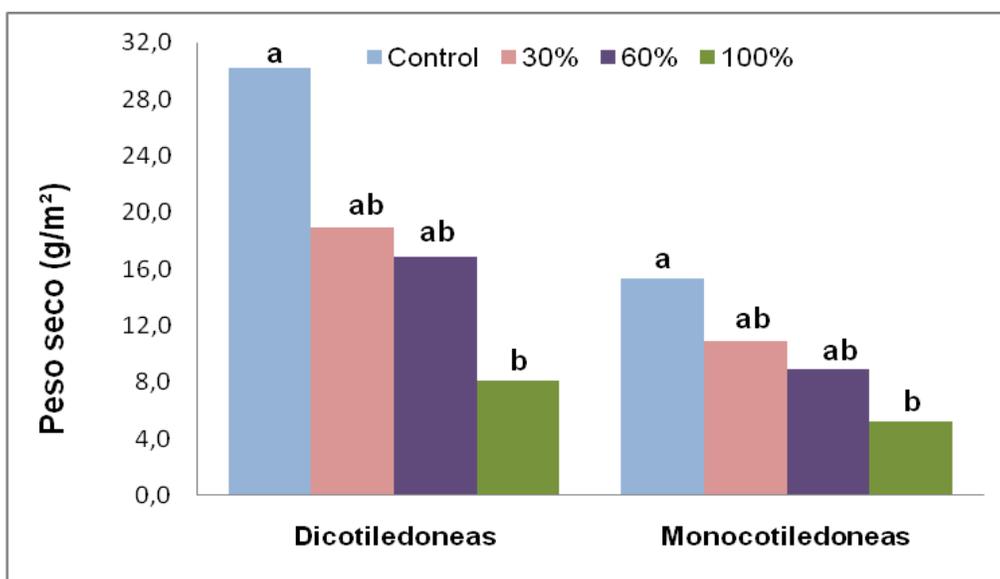


Figura 11. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el peso seco de las malezas asociadas a la cebolla. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

- **Malezas asociadas al pepino**

Los restos de *I. batatas* produjeron disminución en la germinación de malezas dicotiledóneas bajo las dosis de 60 y 100% de restos, con valores de reducción del enmalezamiento de 61,5 y 75% respectivamente, sin que hubiera diferencias estadísticas significativas entre ellas, pero si con respecto al control y la mínima dosis (30%).

En el caso de las malezas monocotiledoneas se apreció una inhibición de la germinación con la máxima dosis (100%), en comparación con las parcelas control, lo cual alcanzó un 64% de supresión con el uso de los restos de boniato. Estos resultados se pueden ver en la figura 11.

Puerto (2002) probó que la dosis máxima (560g de restos \cdot m⁻² de suelo) inhibió significativamente la germinación de todas las especies de malezas existente en el área de estudio tales como: Lechosa (*Euphorbia heterophylla* L.), Verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), Mete bravo (*Echinochloa colona* (L.) Link.) y Bledo (*Amaranthus crassipes* Schlecht). Harrison *et al.* (1986) en estudios realizados en campo, señala que el

Boniato es considerado un competidor extremadamente exitoso contra malas hierbas ya que contiene aleloquímicos que interfieren en el crecimiento de estas.

Li *et al.* (2005) comprobó el efecto inhibitorio de extractos de cultivares de trigo de invierno sobre la germinación de *Digitaria ciliaris* (pata de gallina), utilizando la máxima concentración.

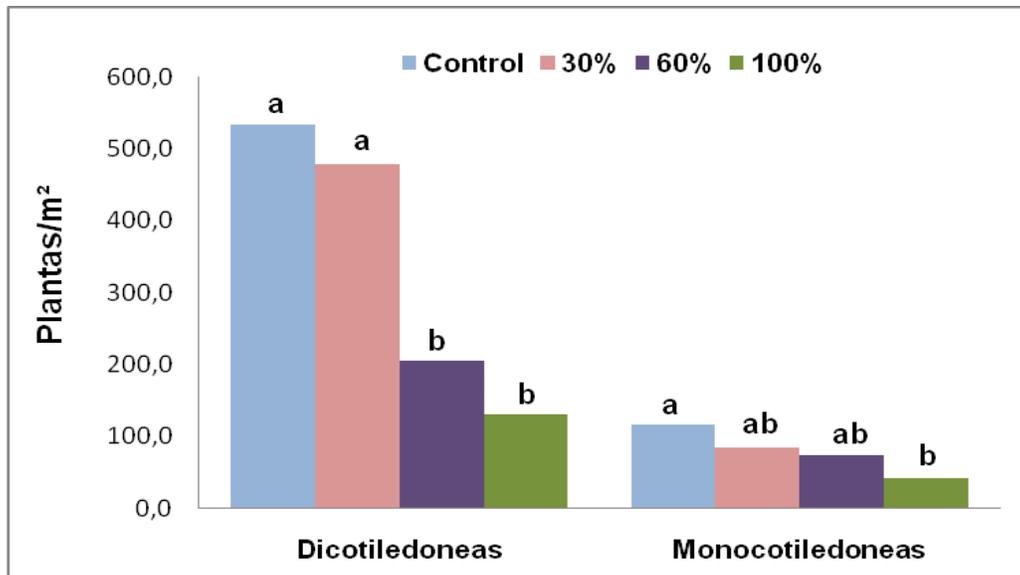


Figura 12 Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre la germinación de las malezas asociadas a pepino. Medias con letras desiguales difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

Peso seco Como se evidencia en la figura 12, los valores de peso seco de las malezas dicotiledóneas están muy bajo la máxima dosis de restos de boniato aplicada al suelo, encontrándose $0,63 \text{ g.m}^2$, respecto a los valores del testigo $1,38 \text{ g.m}^2$, las otras dosis de 30 y 60% tienen tendencia a disminuir, pero sin diferencias estadísticamente significativas.

Las malezas monocotiledóneas muestran claramente una disminución de peso seco con la utilización de todas las dosis bajo estudio, sin presentar diferencias entre ellas, pero si con respecto al control, se alcanzaron reducciones del enmalezamiento de más de un 60%. Efecto que puede explicarse por los altos niveles de Taninos y Cumarinas presentes en el Boniato (Harrison *et al.* 1986) compuestos que, según Jacobson y Corcovan (1997) y Sampietro (2001) citado por Puerto (2002) son antagonistas de la

Giberelina en la síntesis de la α -amilasa por lo cual se puede explicar el efecto inhibitorio de la germinación.

Según Almeida (1988) y Barceló (1995), este efecto se puede explicar por la presencia de aleloquímicos en el Boniato como el kaempferol (Jadhav, 1997), que afectan el transporte electrónico en la fotosíntesis y la respiración, con lo cual inhiben la síntesis de ATP y de esta forma existe una disminución de la capacidad productora y la eficiencia en el uso de los sustratos reservados.

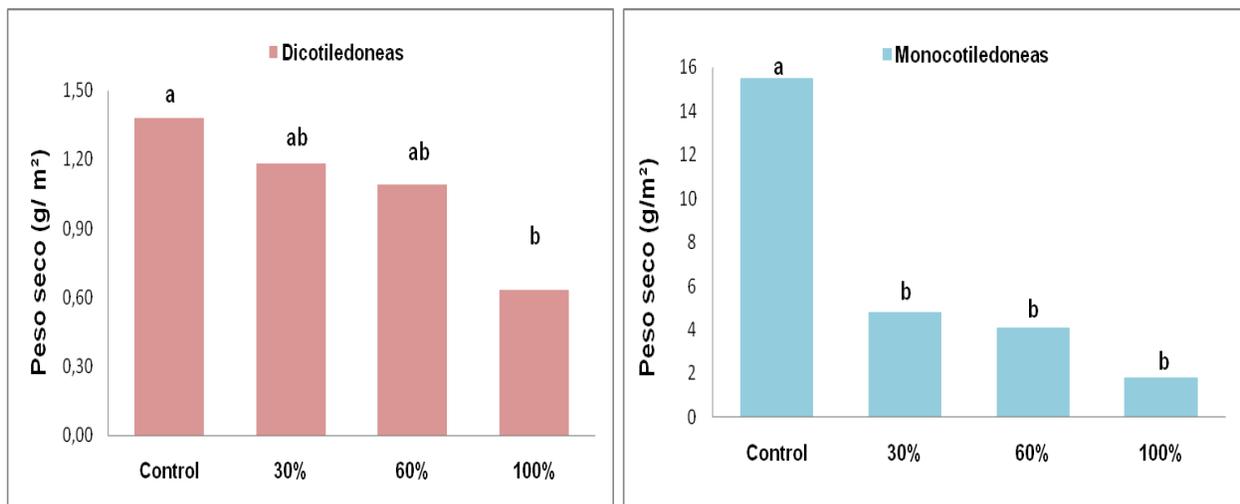


Figura 13. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el peso seco de las malezas asociadas al cultivo de pepino. Medias con letras desiguales difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

- **Efecto alelopático de los cultivos sobre las malezas**

Se constató que el cultivo del pepino sin ser tratados con residuos de boniato estimuló notablemente la germinación de las malezas dicotiledóneas, alcanzando un valor dos veces superior con respecto al control absoluto y al del cultivo de cebolla.

Las malezas monocotiledoneas no sufrieron ningún efecto sobre la germinación cuando estuvieron asociadas al cultivo de la cebolla ni al pepino.

Valdés (2008) planteó la posibilidad de que el cultivo de cebolla tuviera un efecto inhibitorio en la emergencia de malezas comparado con el cultivo del rábano, sin hacer uso de un control sin cultivo para determinar la veracidad de este planteamiento, el cual se niega en este trabajo, ya que comparando las malezas emergidas en el cultivo de la cebolla, no presenta diferencias con un control absoluto.

Dicotiledoneas



Sin cultivo

Con cebolla

Con pepino

Emergencia de malezas en parcelas no tratadas con restos de boniato, con o sin presencia de cultivo.

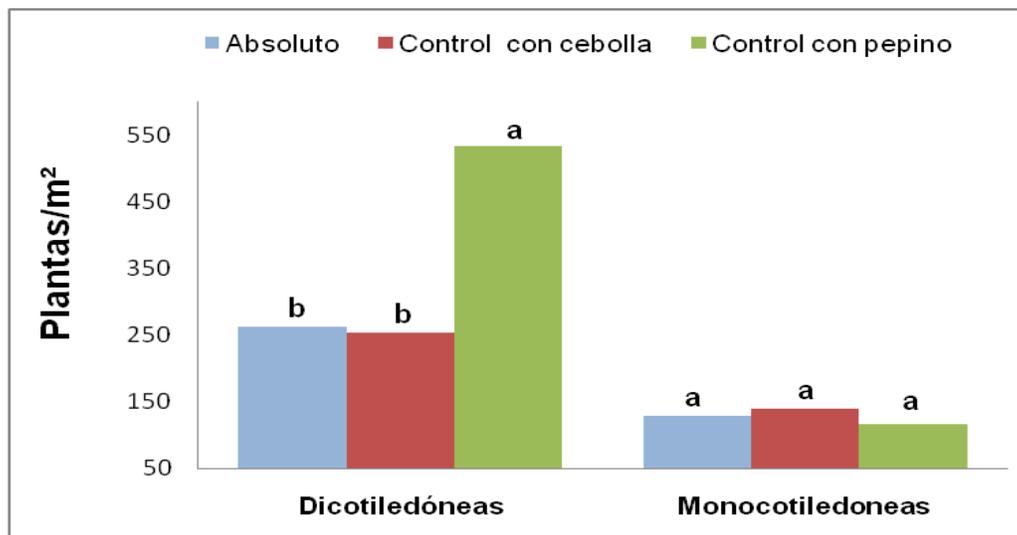


Figura 14. Efecto alelopático de los cultivos cebolla y pepino sobre Número de malezas. Medias con letras desiguales difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

Peso seco en esta variable se observó que mas malezas dicotiledoneas asociadas al pepino a pesar de presentar mayor número de, sufrieron una fuerte inhibicion del crecimiento, como muestra la figura y el peso seco, disminuido en un 91% con respecto a las malezas presente en el cultivo de la cebolla y el control absoluto (Figura 15). Esto muestra un efecto alelopático inhibitorio sobre el crecimiento de las malezas asociadas a pepino, pues estas detubieron su crecimiento. No parece tratarse de un fenomeno de competencia de la luz, al ocurrir un sombreo por parte del pepino a las malezas, pues si fuera el caso las malezas se hubieran alargado por el exceso de sombreo (Hernández, 2007).

Con respecto al efecto alelopático que ejercen los cultivos de cebolla y pepino en el peso seco de la malezas monocotiledoneas, se demostró que no hubo efectos ni inhibitorios ni estimulantes por parte de los cultivos (Figura 15).

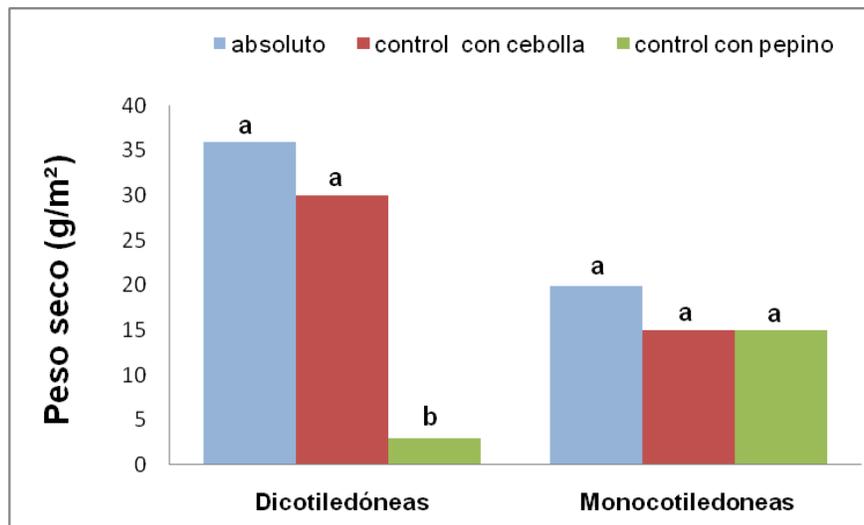


Figura 15. Efecto alelopático de los cultivos cebolla y pepino sobre peso seco de malezas mono y dicotiledoneas. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

- **Efecto de los residuos de boniato sobre malezas no asociadas a cultivos**

Este estudio se realizo con la intención de probar el efecto de los residuos de boniato sobre la germinación y crecimiento de malezas, sin que hubiera presencia de cultivos.

Se constató que los restos de boniato tuvieron un marcado efecto inhibitorio sobre las malezas dicotiledoneas en el suelo tratado, disminuyendo su número a 120 individuos con relación a los 250 presentes en el control, con un 48% de supresión de la emergencia. En las parcelas testigo se presentó un acentuado enmalezamiento con relación a las parcelas tratadas, existiendo una diferencia significativa entre ellas. Esto coincide con estudios realizados por Fernández (2006) quien obtuvo una disminución en la emergencia de malezas a medida la dosis de I. batatas de 50%, constatando una disminución de especies dicotiledóneas como hierba de la niña.

En cuanto a las monocotiledoneas se observó inhibición en la germinación de malezas bajo los restos de boniato con diferencias significativas con respecto al control. Varshney *et al.* (2001) constato que la brotación de la cebolleta (*Cyperus rotundus*) fue significativamente inhibida con el uso de extractos de *Convolvulus arvensis*, con la concentración 20% en comparación con el control y la concentración del 5%, igualmente comprobó que peso seco total de las malezas de cebolleta fue inhibido con el uso de las diferentes concentraciones de *C. arvensis*.

Fernández (2008) también observo este resultado en especies monocotiledoneas como el mete bravo que disminuyo su emergencia a la mitad de individuos con el uso de residuos de boniato.



Control absoluto



50% de restos de boniato

Figura . Efecto alelopático de residuos de boniato sobre la germinación de malezas.

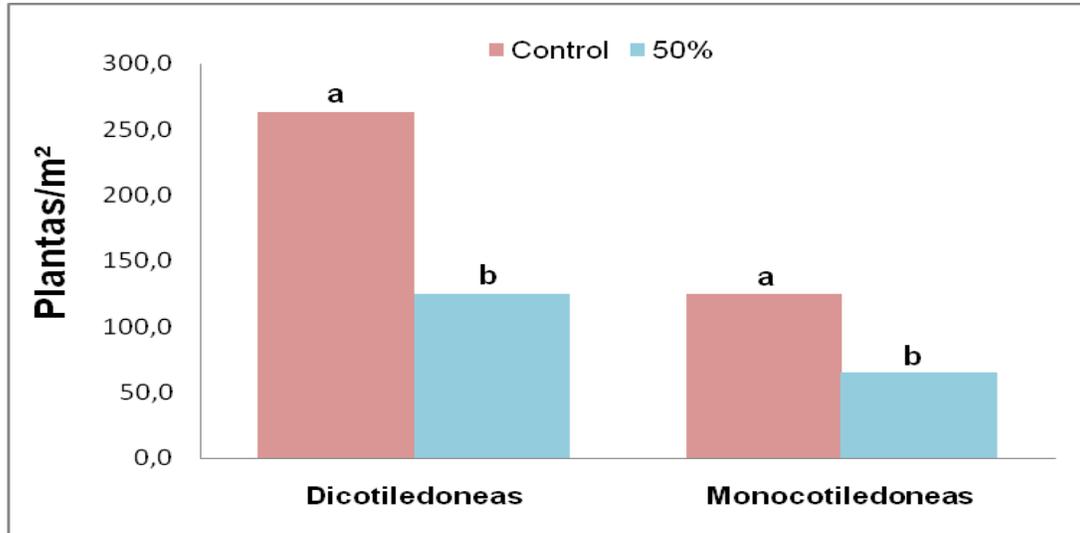


Figura 16. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre la germinación de las malezas no asociadas a cultivos. Medias con letras desiguales difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

Peso seco La utilización de los residuos de boniato inhibió la producción de peso seco tanto de las malezas dicotiledóneas como de las monocotiledoneas, al alcanzar un 50 y 72% respectivamente de disminución de peso, con respecto al control de las dos especies de malezas. Peterson *et al.* (1999) demostró bajo condiciones de casas de cultivos, que la variedad de boniato (Regal) reduce el crecimiento de *Cyperus esculentus* L. cuando las dos especies crecen juntas, sin embargo la presencia de *C. esculentus* no tiene ningún efecto en el crecimiento del boniato. Además probó que el crecimiento (peso seco) de esta maleza en suelo obtenido de parcelas de boniato, fue inhibido, comparándolo con otros tipos de suelos, no sembrados con anterioridad con boniato.

Este efecto que puede explicarse por los altos niveles de Taninos y Cumarinas presentes en el Boniato (Harrison *et al.* 1986) compuestos que, según Jacobson y Corcovan (1997) y Sampietro (2001) citado por Puerto (2002) son antagonistas de la Giberelina en la síntesis de la α -amilasa por lo cual se puede explicar el efecto inhibitorio de la germinación inducida por la Giberelinas.

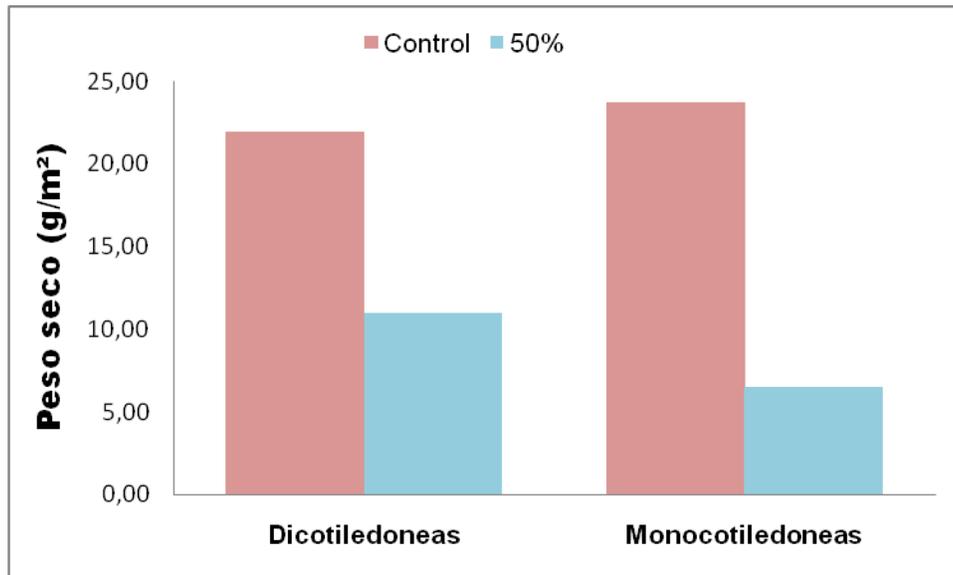


Figura 17. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el peso seco de las malezas no asociadas a cultivos. Medias con letras desiguales difieren por Duncan para $p \leq 0.05$.

- **Pepino**

Los restos de boniato incorporados al suelo estimularon el crecimiento del hipocótilo en plántulas de Pepino. El estímulo se logró con la dosis máxima (100%), y en ningún caso se observó efecto inhibitorio. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Torres *et al.* (2003) al aplicar residuos de *I. batatas* (Boniato) en dosis de 75 y 100%, en condiciones experimentales de campo. Logrando estimulación del crecimiento del tallo en plántulas de *Cucumis melo* L. (melón de castilla), *Zea mays* L. (maíz), *Sorghum bicolor* L. (sorgo) y *Cucumis sativa* L. (pepino).

Los restos de boniato mostraron un efecto de estimulación del crecimiento radicular en el cultivo (Figura 14). Que no se diferencio para las dosis utilizadas. An et al., (2000) citado por Fernández (2006) expresa que las actividades biológicas en plantas receptoras de aleloquímicos son conocidas por ser una respuesta dependiente de la concentración de entrada y que por lo general la respuesta es de estimulación o atracción, con bajas concentraciones de aleloquímicos y de inhibición o rechazo al incrementarse estas, aunque en nuestro caso parece ser que

las concentraciones de aleloquímicos no fueron lo suficientemente altas como para inhibir el crecimiento en pepino.

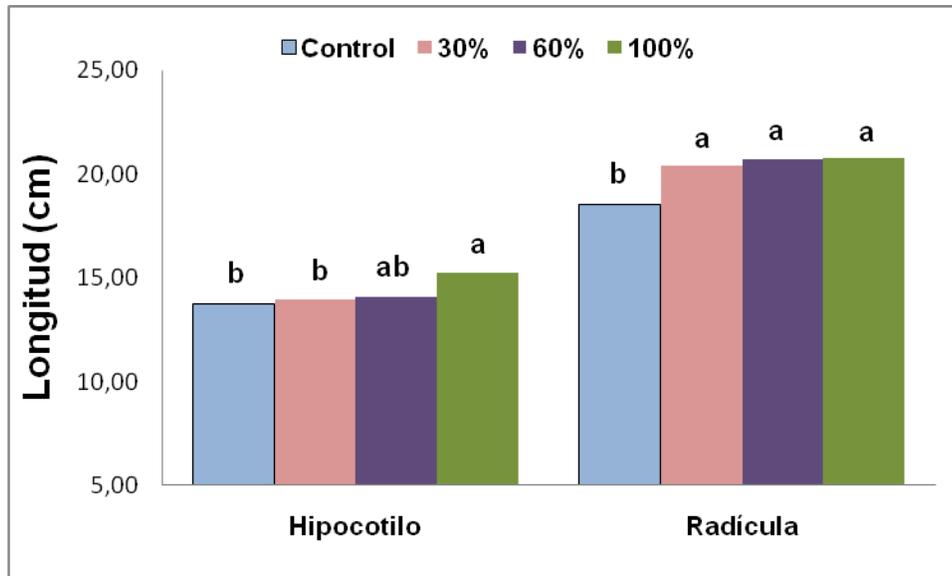


Figura 18. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre la longitud del hipocótilo y la radícula del de plántulas de pepino. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

El diametro del tallo de plántulas de pepino se vio claramente estimulado con los restos aplicados, la dosis mas alta fue la que presento un aumento significativo, alcanzando un 13% mas de crecimiento frente al control.

El efecto alelopático de algunas especies como estimuladores del crecimiento ha sido explicado por la presencia de altos niveles de compuestos fenólicos como, el ácido cafeico, ferúlico, protocatético y el flavonoide quercetina (Ambika *et al.*, 2003). Por su parte, Puerto (2002) evaluó el efecto alelopático de *Ipomoea batatas* (L.) Lam., la cual estimuló notablemente el crecimiento de tallos y raíces del maíz y el pepino. Núñez (2008) en condiciones de cultivo protegido comprobó la utilidad de los residuos de boniato, obteniendo aumento del rendimiento del cultivo de pepino.

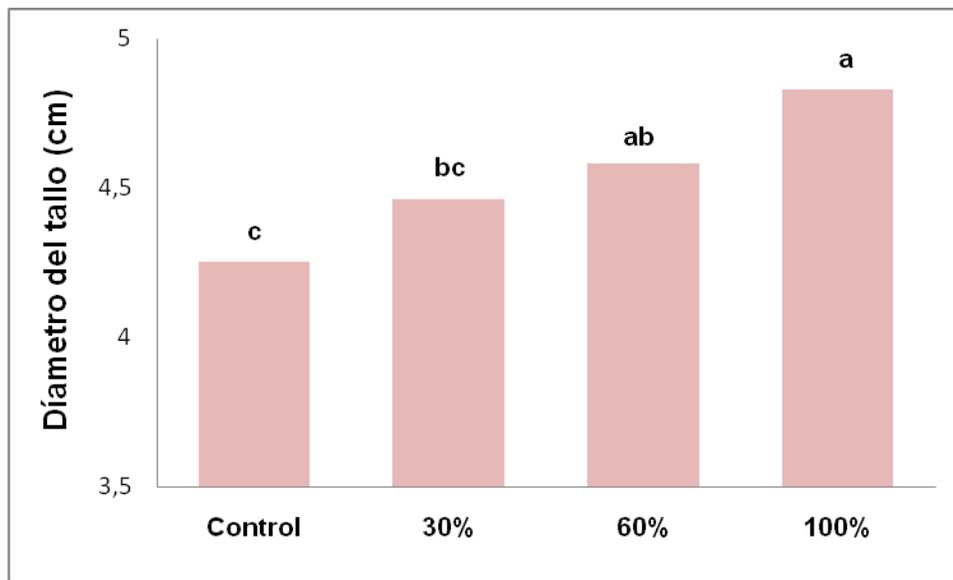


Figura 19. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el diámetro del tallo de plántulas de pepino. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

Al igual que el diámetro del tallo, el área foliar de las plántulas de pepino incremento considerablemente, usando la dosis mas alta.

Lopez *et al.*, (2010) al trabajar con residuos humedos de café al 30% sobre variables de crecimiento de *Khaya nyasica* Stapff (Caoba) observaron que las posturas tuvieron mayor velocidad de crecimiento, alcanzando 38 cm de altura a los 90 días contra 23 el control, además mayor volumen y diámetro del cuello de raíces, área foliar.

según Oliet (1995) el área foliar puede ser grande o pequeña solo en relación con la capacidad absorbente del sistema radical o con otros aspectos como el estudio del agua en la planta; mientras que relacionado con el volumen de raíces, Cobas (2001) plantea que este es un importante indicador de su capacidad absorbente. En este trabajo se observa que las variables longitud de la raíz y área foliar están fuertemente estimuladas con la aplicación de los restos de boniato y ambas se vieron aumentadas bajo la dosis máxima.

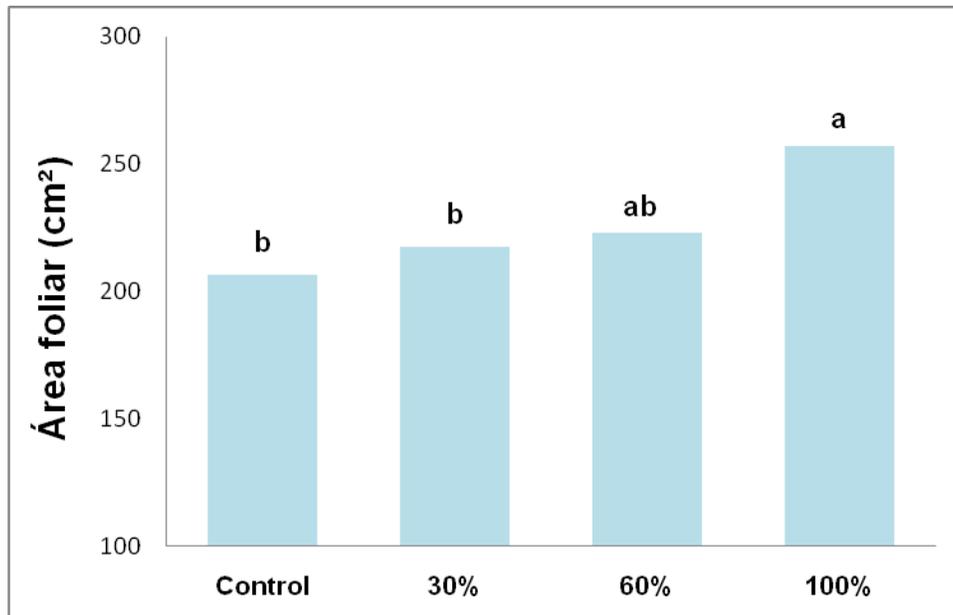


Figura 20. Efecto alelopático de los restos del Boniato el área foliar de plántulas de pepino. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

El número de hojas promedio de la más alta dosis fue de 4, presento una diferencia significativa comparándola con el control, el cual el máximo de hojas alcanzadas por las plántulas de pepino fue de 3 hojas por planta. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Puerto (2002) quien además de observar este fenómeno en el cultivo del pepino también lo observo en maíz, sorgo, melón y rábano.

El mismo caso sucedió con el número de flores que se vieron estimuladas a la dosis de 100% de restos de boniato (Figura 16).

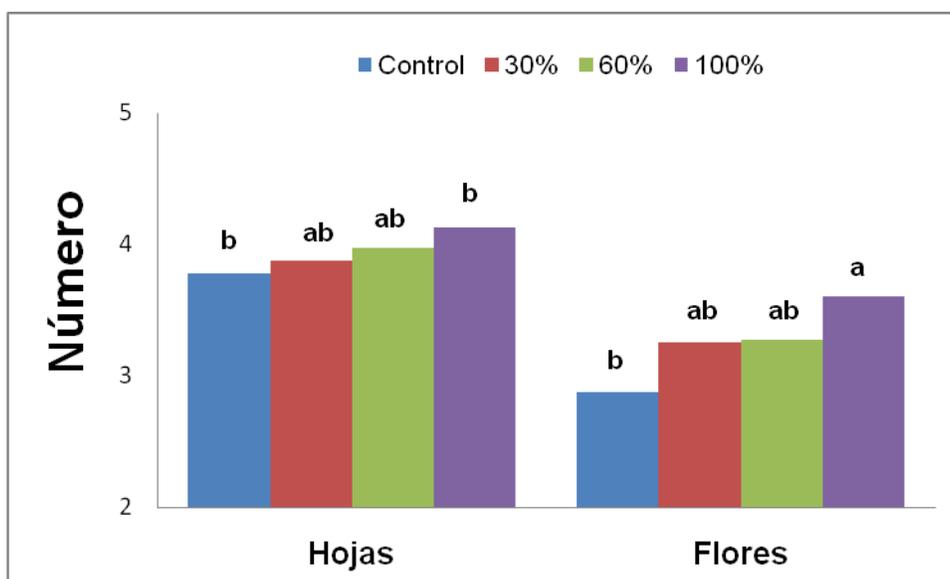


Figura 21. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el número de hojas y flores de plántulas de pepino. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

Tanto la masa fresca como la seca se vieron estimuladas con los restos de boniato aplicados al suelo, en el cultivo de pepino. El efecto estimulador se hace más marcado en la mayor dosis de restos aplicada. (Figura 17). Torres et al., (2003) demostraron que los restos de boniato, además de estimular al cultivo del pepino también lo hizo al maíz y calabaza.

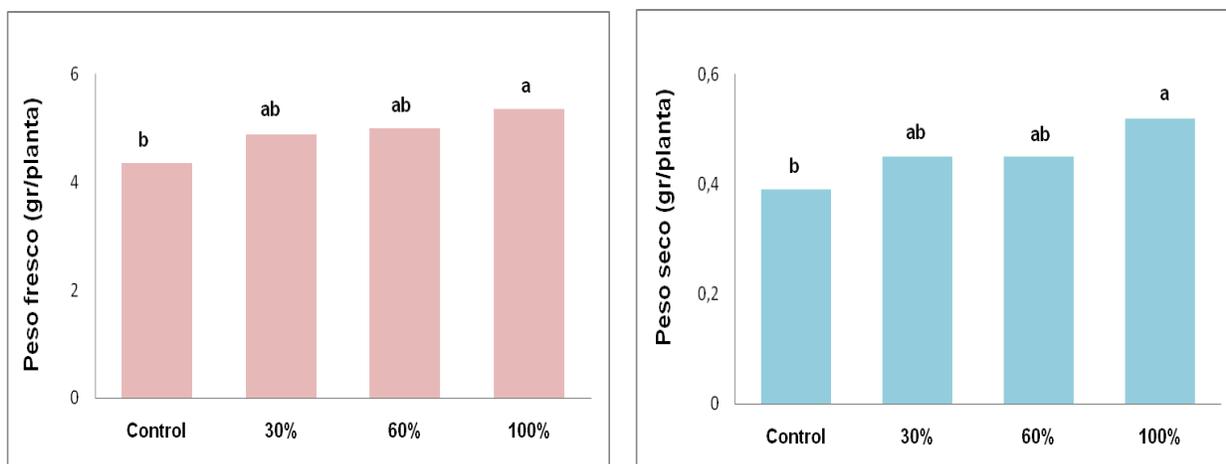


Figura 22. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el peso fresco y seco de plántulas de pepino. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

- **Cebolla**

Los residuos de *I. batatas* estimularon un 24 y 32% más la altura de las plantas de cebolla bajo las dosis de 60 y 100%, comparadas con las plantas no tratadas. Existieron diferencias significativas entre estas dos dosis de restos empleadas y también entre ella y el control y la mínima dosis (Figura 18).

Coincidiendo estos resultados por los obtenidos por Torres *et al.* (2003) al aplicar residuos de *I. batatas* (Boniato) sobre diferentes cultivos. Y también por los vistos por Valdés (2008) quien bajo las concentraciones de 75, 100 y 150%, aumento notoriamente el tamaño de las plántulas de cebolla.

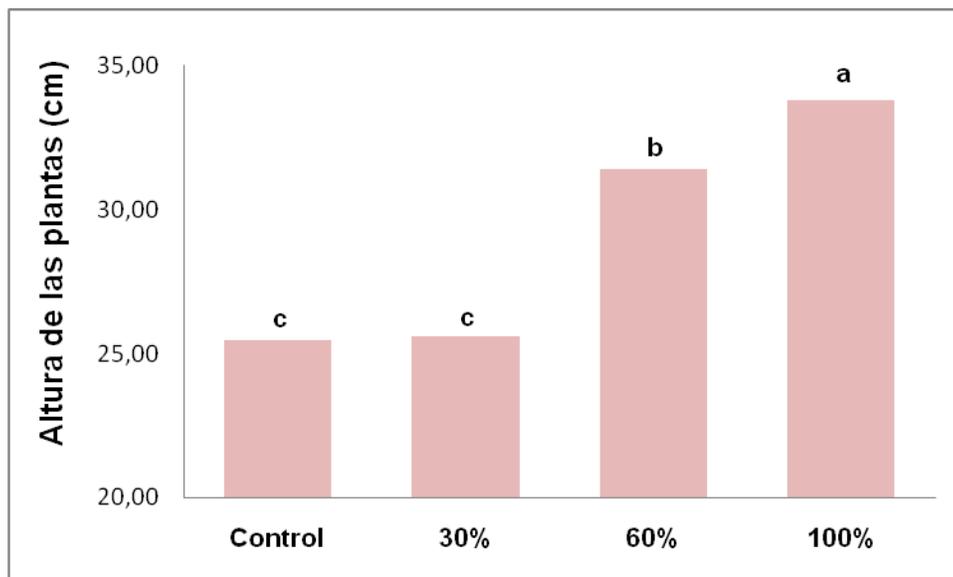


Figura 23. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre la altura de plántulas de cebolla. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

La radícula igualmente se vio estimulada por la máxima dosis aplicada de restos con diferencias estadísticamente significativas con respecto al control y las demás dosis empleadas (Figura 19). Estos resultados también fueron observados por Hernández (2007) quien al tratar la cebolla con un 100% de resto de *I. batatas* comprobó un efecto estimulativo del largo de la radícula. Este mismo autor no vio los mismos resultados estimulantes en la altura de la planta de cebolla cuando aplicó residuos de boniato en

dosis de 25, 50 y 100%. Esta diferencia de resultados puede estar dada por la variedad de cebolla utilizada. Sarika y Rao (2006) estudiaron el efecto de extractos de malezas en el crecimiento de diferentes variedades de frijol y obtuvieron como resultado que cada variedad se comportaba de diferente manera, las variedades de frijol: Contender, Pant Anupama y Arkakomal, se estimularon en el crecimiento de la radícula, mientras la variedad HAFb-1 se inhibió.

Esta diferente respuesta puede depender de otros factores como: 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.

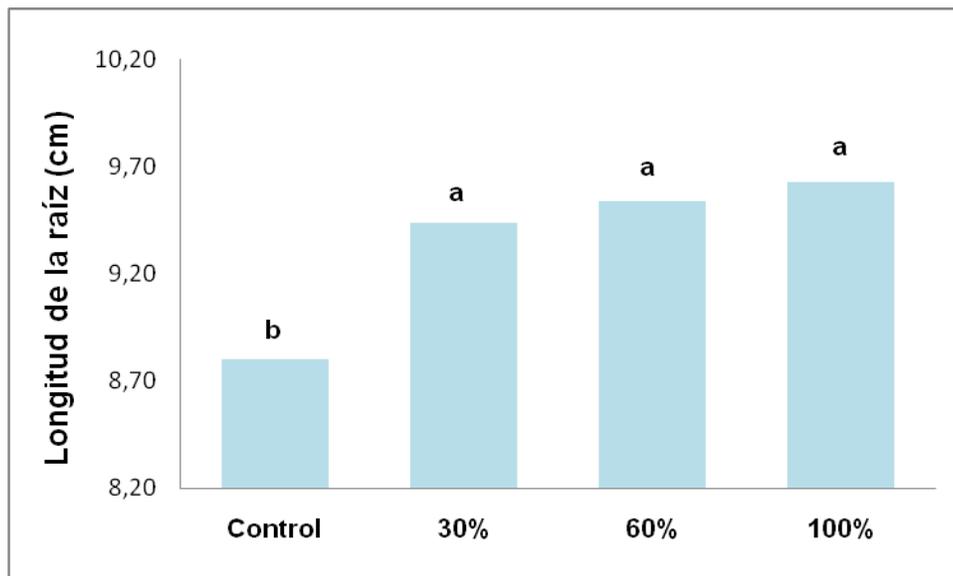


Figura 24. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el largo de la raíz de cebolla. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

Se observó un efecto estimulante de los residuos de *I. batatas* sobre el número y diámetro de las hojas de las plantas de cebolla, efecto que evidencia que las plantas tratadas crecieron con mayor vigor comparadas con las no tratadas (figura 23). El efecto estimulante en aumento del diámetro de las hojas de cebolla fue marcadamente diferente con la dosis. Al respecto, An *et al.*, (2005) Citado por Valdés (2008) 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).

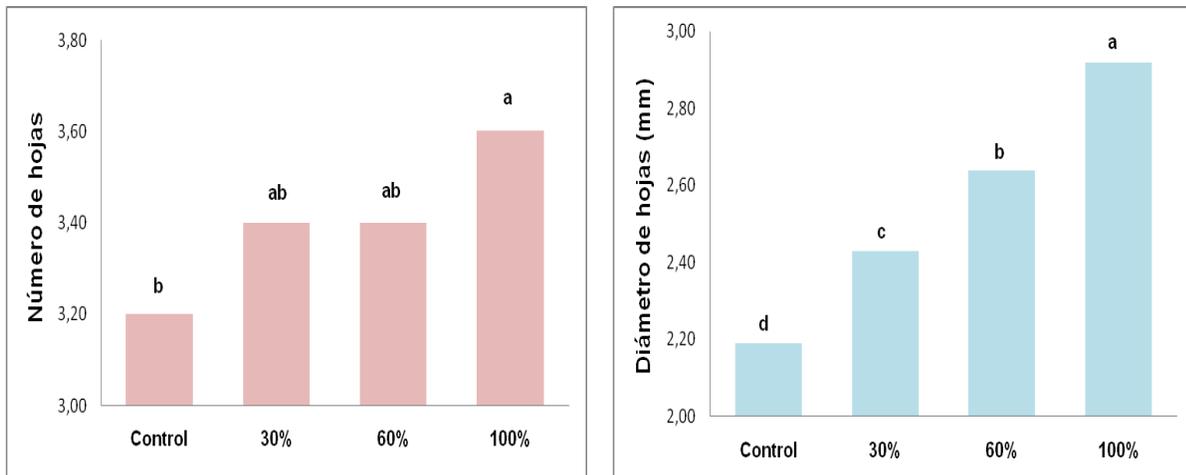


Figura 25. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el número y diámetro de las hojas de cebolla. Medias con letras desiguales difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

Como se muestra en la figura 21, el peso fresco y seco de la parte aérea de las plantas de cebolla se vio incrementado en un 28%. El efecto estimulador se hace más marcado con la dosis más alta utilizada en el trabajo, en comparación con el control.

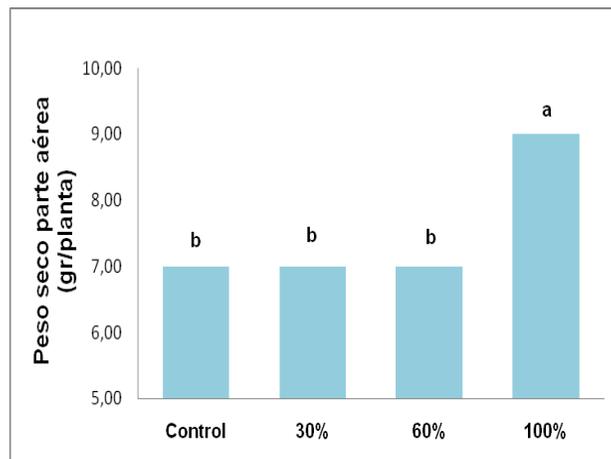


Figura 26. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre el peso seco de la parte aérea de cebolla. Medias con letras distintas difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

Igualmente el peso tanto fresco como seco de la raíz de cebolla se vió estimulado con la mayor dosis empleada(figura 24).

Puente (1998) señala que para que se produzcan los efectos alelopáticos, ya sean de carácter positivo o negativo, directo o indirecto, la concentración de las sustancias aleloquímicas es de gran importancia y a esto se une el papel de la sensibilidad de la especie receptora.

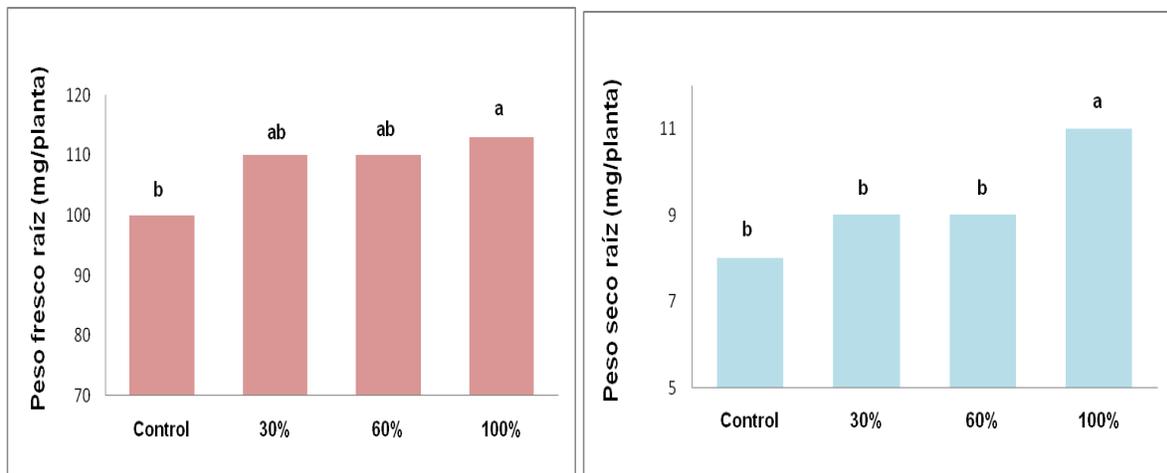


Figura 27. Efecto alelopático de los restos del Boniato sobre peso seco de la raíz de cebolla. Medias con letras desiguales difieren por Duncan para $p \leq 0,05$.

5. CONCLUSIONES

1. El extracto acuoso de *I. batatas* no produjo inhibición de la germinación de las semillas de frijol y pepino, mientras mostró cierta reducción en la cebolla bajo la máxima dosis empleada. El pepino y la cebolla fueron estimulados en su crecimiento mientras el frijol sufrió un efecto inhibitorio.
2. Se comprobó que la aplicación del extracto de *I. batatas* sobre las plántulas de frijol, no afectó la actividad de las oxidasas del AIA, pero produjo daños a las

membranas celulares de las plántulas que incrementaron su permeabilidad y la liberación de fosfatos inorgánicos, dando así la reducción del crecimiento.

3. Los restos de boniato incorporados al suelo mostraron un fuerte efecto inhibitorio sobre la germinación y crecimiento (peso fresco y seco) de malezas mono y dicotiledóneas, asociadas a ambas especies (pepino y cebolla).
4. Los restos de boniato estimularon notablemente el crecimiento de los cultivos de pepino y cebolla en condiciones semicontroladas.
5. El pepino muestra un fuerte efecto inhibidor del crecimiento de las malezas del tipo dicotiledóneas.

6. RECOMENDACIONES

1. Profundizar en el estudio del uso de los residuos de boniato en el control de malezas en otro tipo de suelos.
2. Continuar el estudio tanto de los extractos como de los residuos de Boniato sobre diferentes variedades de un mismo cultivo.
3. Comprobar si cultivos de pepino y cebolla por si solos ejercen un efecto sobre la germinación y crecimiento de malezas.

4. Aplicar residuos de *I. batatas* para el control de malezas en pequeñas áreas hortícolas donde se planten cebolla y pepino como una alternativa al control manual, mecánico y químico, de más bajo costo económico y ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACTAF. (2007). Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Instructivo técnico del cultivo del boniato. 20p.
2. Alfaro, R. (1984). *Logros de la investigación sobre frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en Costa Rica*. (Mimeo), Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 8 pp.

3. Almeida, F. (1987). Scebira o que e Allelopathy. Lavouke Amazeire. 40(375):13-23.
4. Almeida, F. (1988). Alelopatía e as plantas. Londrina, IAAR. 60 p.
5. Ambika, S.; Poornima S.; Palaniraj R. *et al.* (2003). Allelopathic plants. 10. *Lantana camara L. Allelopathy Journal*. 12 (2): 147-162.
6. An, M.; J. Pratley and T. Haig (2000): Allelopathy: from concept to reality. en: <http://me.csu.edu.au/agronomic/papers314.Html>.
7. An, M.; Pratley, J. and Haig, T. (1997). Phytotoxicity of vulpia Residues: Investigation of aqueous extracts”, *Journal of Chemical Ecology*. 23 (28): 1980-1993 pp.
8. An, M.; Pratley, J.; Haig, T. (2005). Whole-range assessment: a simple method for analysing allelopathic dose-response data *Nonlinearity in Biology, Toxicology, and Medicine*, 3: 245–260.
9. Anon. (1987). Reunión Grupo de Apoyo- Eje V (Guatemala), Informe de Síntesis. (Mimeo) IICA- Programa de Seguridad Alimentaria. 80 pp.
10. Arshad, J.; Bajwa, N. and Anjum, T. (2007). Comparative tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) allelopathy. *Allelopathy Journal*. 20 (1): 157-166.
11. Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R. (1995) .Fisiología de las plantas en condiciones desfavorables: agentes infecciosos, consumidores de Energía Alelopatía. Ciencia y Técnica. Fisiología Vegetal. Madrid. 632 p.
12. Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, G. Y Sánchez, R. (1995).Acido abscísico y otros inhibidores S.A. 7ma edición. Madrid. 416-431pp.
13. Bhowmik, P. (1988) Cinmethylin for weed control in soybeans. *Glycine max. Weed Res.* 36:678-682.
14. Bowen J. (1991): La alelopatía en la producción agrícola. *Revista Agricultura de las Américas*. 40(1): 8-11.

15. Bradford, M. (1976). A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye – binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
16. Calabrese, E.; Baldwin, L. (2003). Hormesis: the dose-response revolution. *Pharmacol Toxicol Journal*, (43): 175–197p.
17. Callaway, R.; D^l Antonio, C. (1991). Shrub facilitation of coast live oak establishment in central California. *Madroña*. 38: 158-169.
18. Cassidy, J. (1988). Modular raised transplants to reduce herbicide usage. En proceedings Meeting of the EC Experts' Group. Weed Control in Vegetable Production. Alemania. 265-272p.
19. Chiapusio G, Sánchez A, Reigosa M, González L, Pellissier F. (1997). Do germination indices adequately reflect allelochemicals effects on germination process? *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 23, No. 11.
20. Clemente, Cristina. (2008). La importancia de la Sanidad Vegetal en la agricultura. El control de los insectos vectores de los virus de los cultivos hortícolas. *Rev profesional de sanidad vegetal*. 198: 56- 58.
21. Cobas, Milagro. (2001). Caracterización de los atributos de la calidad de la planta de *Hibiscus elatus* Sw cultivada en tubotes. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar de Río. Facultad de Agronomía y Forestal. Departamento Forestal. 109p.
22. Deuber, R.; Forster, R. (1975). Efeitos da competição do mato na cultura da cebola (*Allium cepa* L.). *Boletim Técnico Institute Agronomico. Brasíl* **22**: 1-21.
23. Doğan, A. and Nezihi, F. (2006). Effects of *Raphanus sativus* L. extract on weeds and crops. *Allelopathy Journal*. 17(2): 273 - 279.
24. Dong-Jiann Huang, Chun- Derlin, Hsien Jung chen, and Yaw-Huelinn (2004). Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam `Tainong 57') constituents. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45: 179-186.

25. Duchowicz, P.; Mercader, A.; Fernández, F.; Castro, E. (2008). Prediction of aqueous toxicity for heterogeneous phenol derivatives by QSAR. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 90: 97–107.
26. Duke, S.; Dayan, F.; Romagni, J.; Rimando, A. (2000). Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. *Weed Res.* 40: 99-111.
27. Einhelling, F. (1985). Effects of allelochemicals on plant-water relationships. Document University of South Dakota.
28. Einhelling, F. (1995). En Allelopathy. Organisms, processes and applications. (Inderjit, Darkshini y Einhelling Ed), American Chemical Society, Washington, D. C. (582).1-24.
29. Elakovich, S. (1988). In Biologically Active Natural products: Potential Use in Agriculture. American Chemical Society: Washington, DC.
30. Espejo, F.; Espinosa, R.; Puente, Mayra.; Rodríguez, Mireya.; Cupull, R. (2010). Efecto alelopático de los extractos acuosos de *Tectona grandis* L. y *Tagetes erecta* L. sobre la germinación de cultivos de interés agrícola. *Rev Centro Agrícola*. 37(1): 61-66.
31. Espejo, F.; Espinosa, R.; Puente, Mayra.; Rodríguez, Mireya.; Cupull, R. (2010). Efecto alelopático de *Tagetes erecta* L. y *Terminalia catappa* L. sobre *Rhizoctonia solani* (Kühn). *Rev Centro Agrícola*. 37(2):89-92.
32. Espinosa, R.; Bravo, L.; Herrera, L.; Hernández, M.; Torres, S. y Puente, Mayra. (2008) Efecto alelopático de *Terminalia catappa* L. sobre *Rhizoctonia solani* Kühn. *Rev Centro Agrícola*, 35 (1): 83-87.
33. FAO. (1991). Manejo de malezas en países en desarrollo. Deposito de documentos de la FAO. En página web: <http://www.FAO.controldemalezasenfrijol.org> (Consultado 10 de enero de 2012).

34. FAO. (2009). En página web: [Food and Agriculture Organization of the United Nations](http://www.fao.org/) (Consultado 14 de enero de 2012).
35. Fernández, Gelda. (2006). Efecto alelopático del de Boniato (*Ipomoea batata* (L) Lam), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Tesis de Diploma. Departamento de Agronomía. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 36p.
36. Fisher, F. (1979) .Allelopathy .In: Horsfall ,J .C .y Cowling ,E .B .Plant Diseases :An Advanced Treatise .New York .Academic Press .vol 4 :313-330.
37. Freitas, R.; Sedyama, P.; Pereira, F.; Ferreira, P.; Sedyama T. (2004). Periodos de interferencia de plantas daninhas na cultura da mandioquinha - salsa. *Rev. Planta Daninha* 22(4), 499-506.
38. Friesen, G. (1978). Weed interference in pickling cucumbers (*Cucumis sativus*). *Weed Science* **26**: 626-628.
39. García, C. (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. *Rev Fitosanidad*. 9(3):17-22.
40. Geron, R. (2007). Taninos. En página web: <http://www.elergonomista.com/fitoterapia/taninos.htm> (Consultada el 12 de diciembre de 2011).
41. Girado, Yunetsi. (2003). Efectos Alelopáticos de extractos acuosos y restos de Sorgo(*Sorghum bicolor*, Moench) sobre la germinación y el crecimiento de especies cultivadas y malezas. Tesis de Diploma. Ingeniería Agrónoma. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 55p
42. González, Y.; Peña, M.; Sánchez, R. (2001). Taninos de Diferentes Especies Vegetales en la Prevención del Fotoenvejecimiento. *Rev Cubana Invest Biomed*. 20(1): 16-20.

43. Harrison, H. and Peterson J. (1986). Alleopathic effects of sweet potato (*Ipomoea batatas*) on yellow nutsedge (*Cyperus sculentus*) and alfalfa (*Medicago sativa*). *Weed Sci.* **34**: 623-627 p.
44. Heap, I. (1997). The occurrence of herbicide-resistant weed world-wide. *Pestic. SCI.* **51**: 235- 243.
45. Hernández, A.; Pérez, J.M., Bosh, D.; Rivero, L., Camacho, E.; Ruíz, J.; Jimenez, E.; Marsán, R.; Obregón, A.; Torres, J.M.; González, J.E.; Orellana, R.; Paneque, J.; Mesa, A.; Fuentes, M.; Duran, J.L.; Pena, J.; Cid, G.; Ponce, D.; Hernández, M.; Prometa, E.; Fernández, L.; Garcés, N.; Morales, M.; Suárez, E.; Martínez, E. y Ruiz, J.M. (1999). Nueva Clasificación Genética de Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. La Habana/Cuba, 64 pp.
46. Hernández, M. (2007). Actividad alelopática de *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. e *Ipomoea batatas* (L.) Lam. sobre malezas y cultivos hortícolas. Tesis de Maestría. Departamento de Agronomía. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 59p.
47. Hernandez, M.; García; D. Rojo (2003). Almendro de la India: Potencial Biológico Valioso. *Rev. Cubana Invest. Biomed.* **22**(1): 15-17. En página web: <http://www.faiunne.edu.ar/biología/alelopatía/alelopatía.html> (Consultada el 12 de diciembre de 2011).
48. Honkanen, E.; Virtanen, A. (1960). Synthesis of some 1,4-benzoxazine derivatives and their antimicrobial activity. *Acta Chem. Scand.* **14**:1214-1217.
49. Isman, M.; Akhtar, Y. (2007). Plant Natural Products as a Source for Developing.
50. Jadhav, P.; Mulik, N. and Chavan, P. (1997). Allelopathic effects of *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* on growth of wheat, rice, sorghum and kidneybean. *Allelopathy Journal.* **4**(2): 345-348.

51. John, J.; Patil, R.; Joy, M.; Nair A.M. (2006). "Methodology of Allelopathy Research: 1. Agroforestry systems" *Allelopathy Journal*. 8(2): 173-214.
52. Kellman, M; Kading, M. (1992). Facilitation of tree seedling establishment in a sand dune succession. *Rev Veg. Sci.* 3: 679-688.
53. Klink, J.; Brophy, J.; Perry, N.; Weavers, R. (1999). Weavers, β -Triketones from Myrtaceae: Isoleptospermone from *Leptospermum scoparium* and papuanone from *Corymbia dallachiana*. *J. Nat. Prod.* 62: 487-489.
54. Kropff, M.; Walters H. (2000) EWRS and the Challenges for Weed Research at the Start of a New Millennium. *Rev Weed Res.* 40 (1):7-10.
55. Labrada, R. (1990). El manejo de malezas en áreas de hortalizas y frijol en Cuba. En *Memorias X Congreso ALAM*. La Habana. Cuba, vol.2:1-16p.
56. Labrada, R. Y García, C. (1990) Utilización de cultivos alelopáticos en la lucha contra malezas. INISAV, *Informe Técnico*. Etapa 2.
57. Labrada, R. y Paredes, E. (1983). Período crítico de competencia de malezas y valoración de herbicidas en plantaciones de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrotecnia de Cuba* **15**: 35-46.
58. Labrada, R.; Caseley, J.; Parker, C. (1996). Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal – 120). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 300p.
59. Labrada, R.; García, F. (1978). Período crítico de competencia de malas hierbas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrotecnia de Cuba* **10**: 67-72.
60. Lagreca, J. (2008). Las malezas y el agroecosistema. Departamento de Protección Vegetal. Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay. 26p.
61. Lamego, F.; Fleck, N.; Bianchi, M.; Vidal, R. (2005). Tolerancia a interferencia de plantas competidoras e habilidade de supressao por

- cultivares de soja. I. Resposta de variaveis de crescimento. *Rev Planta Daninha*. 23(3), 405-414.
62. Leather, G. (1986). Sunflower (*Helianthus annuus*) are allelopathy to weed. *Weed Science* 31:37-42.
63. LI, X.; Wang, G.; Li, B. And Blackshaw, R. (2005). Allelopathic effects of winters wheat residues on germination and seedling stages. *Allelopathy Journal*. 15 (1): 41-48.
64. López, A.; Ortiz, Y.; Nicot, T.; Cobas, Milagro y Reyes, A. (2010). Efecto de sustratos de cachaza y el residuo del beneficio humedo del café mezclados con un suelo Ferralítico Rojo Típico, sobre *Khaya nyasica* Staff. en un vivero. *Rev Cento Agrícola*. 37(4): 57-60.
65. Lorenzi ,H .(1992) .Inhibicao alelopatía de plantas daninhas .Manual de Agricultura Orgánica .Cooperativa dos produtores do azúcar e alcool do Estado do Sao Paulo.
66. Macías, F.; Marín, D.; Oliveros-Bastidas, A.; Castellano, D.; Simonet, A.; Molinillo, J.; (2005). Structure-Activity Relationships (SAR) Studies of Benzoxazinones, Their Degradation Products and Analogues. Phytotoxicity on Standard Target Species (STS) *J. Agric. Food Chem*. 53: 538- 548.
67. Macías, F.; Marín, D.; Oliveros-Bastidas, A.; Molinillo, J. (2006). Optimization of benzoxazinones as Natural Herbicide Models by Lipophilicity Enhancement. *J. Agric. Food Chem*. 54: 9357-9365.
68. Mejías, J. (1995). Manual de alelopatía básica y producto botánico. Universidad Francisco José de Caldas, Santa Fe de Bogotá. Colombia. 70p.
69. Miller, D. A. (1983). Vegetalio. Univ. De Georgia. U. S. A. 18: 384.
70. Mitchell, G.; Bartlett, D.; Fraser, T.; Hawkes, T.; Holt, D.; Townson, J.; Wichert, R. (2001). Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. *Pest Manag. Sci*. 57:120-128.

71. Molish, H. (1937). Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie. Gustav Fischer, Jena. 106p.
72. Monardes, H. (2009). Manual de cultivo de ajo y cebolla. Facultad de ciencias agronómicas de Chile. 49p.
73. Morales, A.; LIMA, D. (1992). Status de los clones comerciales de boniato y proyecciones del trabajo de mejora genética. En Jornada Científica XXV aniversario del INIVIT. 22-23 de Oct.1992. Villa Clara: INIVIT, 1992. p. 19-20.
74. Morales, A.; Maza, E. (2001). Aspectos generales sobre el cultivo del camote (boniato) en Cuba. En Manejo Integrado del Gorgojo del Camote o Tetuán del boniato, *Cylas formicarius* (Fab.), en Cuba. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP). 1-11p.
75. Narwal, S. (1994). Allelopathy in crop production. Jodhpur / India: Scientific Publishers: 288 pp.
76. Narwal, S.(2001): Hans Molish. The Influence of One Plant on Other. Scientific Publisher,Joudpur, India, 132 pp.
77. Netzly, D.; Riople, J.; Eljeta, G.; Butler, L. (1998). Germination stimulants of witchweed (*Striga asiatica*) from hydrophobic root exudates of sorghum (*Sorghum bicolor*) *Weed Sci.* 36:441-446.
78. Núñez, Yesmani. (2008). Efecto de residuos de *Ipomoea batatas* L.(Lam.) sobre el crecimiento y rendimiento de *Cucumis sativus*. L. Tesis de Diploma. Departamento de Agronomía. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 54p.
79. Oliet, J. (1995). Influencia de la fertilización en vivero sobre la calidad de la planta y la supervivencia en campo de varias especies forestales. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería rural. ETSIAM. Universidad de Córdoba. España. 225 p.
80. Osorio, G. (2006). Evaluación de Hongos Endofíticos y Extractos Botánicos para el Control de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morlet.) en

- Banano. En página web:
http://www.catie.com/fitopatologia/Mycosphaerella_06/pdf_380938.htm
(Consultada el 10 de diciembre de 2011).
81. Otero, M. and Hidalgo L. (2004). Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. En página web:
<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/2/oter1602.htm> (Consultado 12 de diciembre del 2011).
82. Overland, L. (1966). The role allelopathic substance in the “smother crop” barley. *American Journal of Botany*. 53: 423-432.
83. Pazmiño, A. (1999). Fisiología Vegetal. Universidad de Chile, Escuela de Agronomía. Recuperado en: <http://www.webcolombia.com/alelopátia>
84. Pérez, F.; Ormeño-Nuñez, J. (1991). Weed growth interference from temperate cereals: the effect of a hydroxamic-acid-exuding rye (*Secale cereale* L.) cultivar. *Weed Res.* 33: 115-119.
85. Peterson, H.; Harrinson, H. and Snook, M. (1999). Comparison of three parameters for estimation of allelopathic potential in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) germplasm. *Allelopathy Journal*. 6(2): 201-208.
86. Peterson, J.; Harrison, H.; Snook, M. and Jackson, D. (2005). Chlorogenic acid content in sweetpotato germoplasm: Possible role in disease and pest resistance. *Allelopathy Journal*, 16 (2): 239-250p.
87. Puente, I. Mayra. y García, R. (2001). Acercamiento a la Alelopatía en la agricultura. Cubana. Monografía. Editorial Feijóo. UCLV. Recuperado en <http://link.censa.edu.cu/portals/0/pdf/rpv2002/vol.17%20no.3/p214-234.pdf>
(consultado el 10 de diciembre de 2011)
88. Puente, Mayra y Del Toro, F. (2010). Efecto de compuestos volátiles procedentes de extractos de residuos de arroz en la germinación y

- crecimiento de *Solanum lycopersicum* (Mill.). *Rev Centro Agrícola*. 37(4):89-90.
89. Puente, Mayra. (1998). Efectos alelopáticos del cultivo del Girasol (*Helianthus annuus* L.) sobre malezas asociadas y cultivos de importancia económica. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. Santa Clara. Cuba.
90. Puente, Mayra. (2007). Efecto de diversos extracto de plantas sobre los hongos fitopatógenos del suelo *Rhizoctonia solani* (Kiihn) y *Sclerotium rolfsii* (Sacc.). Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. UCLV. p. 66-84.
91. Puerto, M. (2002). Efecto Alelopático del boniato (*Ipomea batata* (L.) Lam), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Trabajo de Diploma. UCLV. 60hp.
92. Pupo, A. (2008). Actividad alelopática de las fracciones del extracto acuoso de (*Ipomoea batatas* (L). Lam.) sobre el crecimiento de algunos cultivos. Tesis de Diploma. Departamento de Agronomía . Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 64p.
93. Putnam, A. (1985) .Weed allelopathy .In: Duke ,W. Weed Physiology. Boca Ratón. CRC Press .131-155
94. Reigosa, M.; Gonzalez, L.; Sanches- Morelras, A.; Duran, B.; Puime, Fernández, D. and Bolano, J. (2001). Comparison of physiological effects of allelochemicals and commercial herbicides. *Allelopathy Journal*, 8(2). 211-220.
95. Riaz, M.; Azim Malik, M.; Mahmood, T.; Jamil, M. (2006). Effect of various weed control methods on yield and yield components of wheat under different cropping patterns. *Rev Agri. Biol*: 8(5), 636-640.
96. Rice, E. (1974) **Allelopathy**, Academic Press, New York-San Francisco-London.

97. Rukhsan, B. and Naz, I. (2005). Allelopathic Effects of *Eucalyptus citrodora* on Growth Nodulation and Arbuscular Micorizae Colonization of *Vigna radiata* (L) Wilczek. *Allelopathy Journal* 15(2): 273 - 245.
98. Sampietro, D. (2001). Alelopatía: Conceptos, Características, Metodología de Estudio e Importancia. En página web: <http://www.faiunne.edu.ar/biología/alelopatía/alelopatía.html> (Consultada el 10 de diciembre de 2011).
99. Sampietro, D. (2002). Alelopatía: Conceptos, Características, Metodología de Estudio e Importancia. En página web: <http://fai.unne.edu.ar/SAB/boletin/38/203-fitoqui.pdf> (Consultada el 5 de enero de 2012).
100. Sampietro, D. (2003). Definición de Alelopatía: Futuro verde. En página web: Disponible en: <http://www.pwp.007mundo.com/futuroverde/documentos.html> (Consultado 15 de enero de 2012).
101. Sandermann, H. (2006). Plant biotechnology: ecological case studies on herbicide resistance *Trends in Plant Sci.* 11, (7): 324-328.
102. Sarika and Rao, P. (2006). Effects of weed extracts on germination, seedling growth and protein in french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Allelopathy Journal.* 17(2): 223-234.
103. Saxena, S.; Pandey, A. (2001). Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 55: 395-403.
104. Smith, A. (1990). Potencial Allelopathic influence of certain pasture weeds. *Crop. Proteccion* Vol 9: pp 410-414.
105. Sparks, T.; Crouse, G.; Durst, G. (2001). Natural products as insecticides: the biology, biochemistry and quantitative structure-activity relationships of spinosyns and spinosoids. *Pest Manag. Sci.* 57: 896-905.

106. Stompor-Chrazan, E. (2004) Antifungal activity of leaf and bark extracts on the growth and development of damping off of fungi and their practical utilization in protection of seedling. Abstracts II European Allelopathic Symposium-2004, Pulawy, Poland, 152 pp. University of Rzeszow, Department of Agroecologyul. Cwiklinskiej, 235-601.
107. Swain, E.; Li, C.; Poulton, J. (1992). Development of the potential for cyanogenesis in maturing black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.)
108. Swain, T.(1974). Biochemical evolution in plants compressive biochemistry. Amsterdam. 125-302p.
109. Swain, T. (1997) .Secondary compounds as protective agents. Annual Review of Plant Physiology. 28: 479-501
110. Taiz, L. and Zeiger, E. (2002). Plant Physiology, Sinauer Associates: 690pp.
111. Thompson, A.(1985) .The chemistry of allelopathy; biochemical interation among plant. Washington. American Chemical Society. 470p.
112. Tique, J.; Chaves, B.; Zurita, J. (2009). Evaluación agronómica de diez clones promisorios CIP y dos materiales nativos de *Ipomoea batatas* L. *Rev Agronomía colombiana*. 27(2), 151-158.
113. Torres, S.; Hernández, M.; Fernández, Gelda.; Puente, Mayra.; Sosa, R.; Quiñones, R. (2008). Influencia de residuos de cosecha de *Ipomoea batatas* (L) Lam. En la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. *Rev Centro Agrícola*. 35(1): 77-82.
114. Torres, S.; Hernández, M.; Puente, Mayra.; De Cupere, F.; Van Damme, P. (2006). Efectos alelopáticos de *Phyla strigulosa* sobre la germinación y crecimiento de cultivos. *Centro Agrícola*, 33(2): 69-73.
115. Torres, S.; Puente, M.; De Cupere, F.; Puerto, M.G.; Rodríguez, M. (2003). Efecto alelopático del boniato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.) sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. *Centro Agrícola*. 30(1): 59-63.

116. Tukey, H.; Morgan, J. (1963). In jury to falagie and its effects upon leaching of nutrients from Aleve-ground plants parts. *Rev Physiology Plants*. 16: 557-565.
117. Valdés, Myriam. (2008). Efecto alelopático de residuos de Ipomoea batatas (L). Lam. sobre la germinación y crecimiento de cultivos hortícolas y malezas en campo. Tesis de Diploma. Ingeniería Agrónoma. Departamento de Agronomía. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 50p.
118. Varshney, J.; Singh, B. and Prakash, O. (2001). Effect of aqueous extracts of winter weed species on nutsedge (*Cyperus rotundus*) germination and growth. *Allelopathy Journal*. 8(1): 85-88.
119. Vásquez, Edith. y Torres, S. (1987). Técnica para la desabsorción de fosfatos inorgánicos.
120. Vásquez. E. y Torres. S. (2006). Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación: La Habana, Cuba. 451pp.
121. Vyvyan, J. (2002). Allelochemical as leads for new herbicides and agrochemicals Tetrahedron. 58:1631-1646.
122. Weaver, S. (1984). Critical period of weed competition in three vegetable crops in relation to management practices. *Weed Research* 24: 317-325.
123. Wheeler, H. (1975) Plant pathogeneses .Berlin. Springer. 106p.
124. Whittaker, R. (1971). The chemistry of communities. In: Biochemical interactions among plants. Washington, Nature Academic Science. 108p.
125. Zhang, M.; Ling, B.; Kong, C.; Liang, G. and Rong, Y. (2005). : "Allelopathyc Effects of Lantana (*Lantana camara L.*) on watwr Hyacinith (*Eichhorina crrasipes* (Mart) Solms)." *Allelopathy Journal* 15(1): 125-130.
126. Zobel, A.; Dakshini, K.; Foy, C. (1999). In Principes and Practices in Plant Ecology: Allelochemical Interactions. Eds.; CRC: Boca Raton, Florida.