



**Universidad Agraria de la Habana  
"Fructuoso Rodríguez Pérez"**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**EFFECTO DE RESIDUOS DE COSECHA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL SISTEMA  
INTEGRADO DE FRIJOL COMÚN**

**(*Phaseolus vulgaris* L. ) cv. TOMEGUÍN 93-N**

**Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas**

**ASPIRANTE: MSc. IDALMIS DE LA CARIDAD HERNÁNDEZ ESCOBAR**

**TUTORES: Dr.C. DAGOBERTO MEDEROS MEDEROS**

**Dra.C. LUISA DÍAZ VIRULICHE**

**Dr.C. ÁNGEL SÁNCHEZ LAMAR**

**Mayabeque**

**2015**

# Citación correcta Norma ISO 690

## **Según Sistema de Referencia Numérico**

1. Hernández-Escobar, Idalmis de la C. Efecto de residuos de cosecha sobre el rendimiento del sistema integrado de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Tomeguín 93-N. [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas] Mayabeque: Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", 2015.

## **Según Sistema de Referencia Apellido, año**

Hernández-Escobar, Idalmis de la C. 2015. Efecto de residuos de cosecha sobre el rendimiento del sistema integrado de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Tomeguín 93-N. [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas] Mayabeque: Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"

## Síntesis

Son conocidos los beneficios que aportan los residuos de cosecha en la sucesión de cultivos; sin embargo se desconoce el efecto de las sustancias liberadas por los mismos en el Sistema Integrado de Cultivo (SIC) de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Tomeguín 93- N'. Este trabajo se condujo con el objetivo de demostrar el efecto provocado por los residuos de boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) cv. Cemsa 78-354, frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Tomeguín 93-N, girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Cuba – Sol y maíz (*Zea mays* L.) cv. Francisco, que con frecuencia anteceden al frijol común en el referido cultivar. Se evaluó el efecto de los residuos de dichos cultivos sobre la emergencia, crecimiento y rendimiento del frijol común en condiciones de campo en el período comprendido entre el 2007 y el 2011. En condiciones de laboratorio se estudiaron los extractos acuosos de los mismo sobre la germinación y crecimiento inicial en dicho cultivar, además, se determinaron los principales grupos de familias fitoquímicas presentes en los extractos. Los residuos de cosecha utilizados ejercen un efecto inhibitorio en las variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento del frijol común en el cv. 'Tomeguín 93-N', efecto negativo que se acentuó para los residuos de frijol común y girasol. Los indicadores económico mostraron un efecto también negativo entre 14 287, 25–26 580, 40 \$.ha<sup>-1</sup>, con un incremento del costo unitario de hasta 2378 \$.ha<sup>-1</sup>. Los extractos acuosos de estas especies vegetales afectan negativamente la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas de frijol común. Se determinó los grupos de sustancias alelopáticas implicadas fueron aminas primarias secundarias, fenoles libres, triterpenos, esteroides, alcaloides, taninos, flavonoides y leucoantocianidinas.

## **DEDICATORIA**

A mi padre Francisco Guillermo Hernández Sardiñas.  
Que su luz siempre me ilumine.

A mi tutora Dra .C. Luisa Díaz Viruliche.  
Esto es parte de tu obra.

## **AGRADECIMIENTOS**

Una bonita oportunidad para agradecer de manera sincera y muy especial a todas las personas que durante un período largo y desde todos los ángulos han colaborado, primeramente con mi formación académica, profesional y personal que me han hecho comprender que por muy duro que sean los momentos, hay que seguir adelante con esfuerzo y sacrificio.

He de mencionar a los profesores de la Facultad de Agronomía que con sus consejos en el momento oportuno, sugerencias, dedicación, regaños han estado al tanto de mis pasos como parte de su colectivo más cercano: Ramiro, Ma. Irene, Concha, Nelson Martín, Durán, Elio del Pozo, Eduardo Héctor, Orestes (el chino), Novo, Irma, Nilda y Josefina.

A mi familia de la disciplina y asignatura: Lázaro (que tanto colaboró con la edición del documento), Valentín, Fco. Ruiz, Izquierdo, Jorgito, Ma. Esther, Violeta, Goicochea, Capó, Marlen, Nivaldo, Milanés, Yosmel, Pedro León, Omara, Iván y Michelena, que han sido de impulso y aliento en los momentos más difíciles.

Al INCA y en especial a Adriano Cabrera (que incondicionalmente puso su grano de arena), a mi hermanito Humberto (por su insistencia en que no abandonara el camino), Tere (apenas sin conocerme realizó las más precisas sugerencias), a Elein, Leyva, Gloria, Mario y Plana.

A los que ayer fueron mis estudiantes y hoy colegas: Yaisy, Alexis, Ronel, Helén, Madilen, Odanys, Sindy y Elector entre otros que de alguna manera ayudaron a la realización de esta obra.

A mi colectivo de trabajo de la Unidad Docente "William Soler" por estar siempre a mi lado: Arilio, Milagros, Inalvis, Lidia, Midael y Mario.

A la Liliana Dimitrova, INIFAT, CENSA que colaboraron en todo momento: Anselma, Alicia, Mercedes, Yaritza, Farah Ma., Casanova, Ma. Isabel), a la

entusiasta, bondadosa y exigente Oriela, a Marisel Ortega (que de tantos apuros me salvó) y a Jorge Luis amigo y hermano.

A la brigada de salvamento: Los economistas (Danel, Lidia, Arianna, Odelkys, Iraidá y Eduardo), Betty (con su ayuda incondicional) y a las de mi generación que en el momento preciso acudieron al rescate (Geysy y JenyPetitón).

A todos los del grupo de Aleopatía de la UCLV en especial a Sinesio Torres, Mayra Puentes y Yoania Pupo.

A la Empresa Agropecuaria 19 de Abril de Quivicán y Agropecuaria del MININT, por brindar sus superficies agrícolas y por su contribución al desarrollo del trabajo y en especial a Vicente Martínez Hernández (gran entusiasta de la investigación)

A mis tutores: Dr. C. Dagoberto Mederos Mederos, que con una gran responsabilidad, respeto y valentía asumió la tutoría de este trabajo, ofreciendo su entero apoyo, paz y tranquilidad y Dr. C. Ángel Sánchez Lamar, por ser uno de los primeros en acogerme en su Facultad de Biología de la U.H sin apenas conocerme y brindarme su confianza hasta al final.

A mi gran amigo y compañero que ha estado presente en todo los momentos, que mucho ha tenido que ver con mi formación; mi profesor de la vida Urra.

A mi familia, que ha sido mi impulso para seguir adelante que me han dado apoyo en todo momento, que han acogido con entusiasmo estos años: a mi mamá (Mirta), mis tíos (Gerar, Rafaela, Eduardo), a mis primos-hermanos Odalys, Eduardito y Sofía, a mis hermanas: Yamira, Ariane y Yipsy (son mis paños de lágrimas), ellos que me han dado sus buenas energías.

En fin a todas las fuerzas del universo

Muchas Gracias

	ÍNDICE	Pág.
<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	
II.1	Sistema de Producción Agrícola. Sistema Integrado de Cultivos (SIC)	7
II.1.2	Papel del frijol común en los Sistemas Integrados de Cultivo (SIC)	8
II.1.3	Residuos de cosechas en la agricultura	10
II.1.4	Peculiaridades de los precedentes culturales que se utilizan en las siembras de frijol común	14
II.2.1	Alelopatía. Conceptualización del problema	16
II.2.2	Naturaleza del fenómeno	22
II.2.3	Metodología de la investigación en alelopatía	22
II.2.4	Manejo fitotécnico de la alelopatía	27
<b>III</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
III.1	Efecto de residuos de cosechas en condiciones de campo	33
III.2	Efecto de extractos de residuos de cosechas sobre la germinación y crecimiento inicial del frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de laboratorio	36
III.3	Identificación de los principales grupos fitoquímicos	38
III.3.1	Identificación de los principales grupos fitoquímicos presentes en los residuos vegetales y en las muestras de suelo	38
III.3.2	Identificación de los principales grupos fitoquímicos presentes en los extractos obtenidos con disolventes de diferente polaridad	41
III.3.3	Efecto de los extractos obtenidos en los disolventes de diferente polaridad sobre el frijol común	42
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISUSIÓN</b>	

IV.1	Efecto de residuos de cosechas en condiciones de campo	45
IV.2	Efecto de extractos de residuos de cosechas sobre la germinación y crecimiento inicial del frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de laboratorio	45
IV.3.1	Identificación de los principales grupos fitoquímicos presentes en los residuos vegetales y en las muestras de suelo	75
IV.3.2	Identificación de los principales grupos fitoquímicos presentes en los extractos obtenidos con disolventes de diferente polaridad	84
IV.3.3	Efecto de los extractos obtenidos en los disolventes de diferente polaridad sobre el frijol común	84
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	96
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	97
<b>VII</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## I. INTRODUCCIÓN

La problemática contemporánea de producción agrícola ha evolucionado de una dimensión técnica a una visión más social, económica, política, cultural y ambiental.

Desde esta perspectiva en el Sistema de Producción Agrícola, los Sistemas Integrados de Cultivo comprenden el manejo del cultivo, en la que sus componentes participan de forma interactiva, contribuyen a un objetivo común y reaccionan globalmente ante estímulos externos (Urbano, 2002; Urra *et al.*, 2008).

Este enfoque sistémico en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Cuba, cobra gran importancia porque – al igual que en muchas regiones del mundo – participan en casi todos los sistemas de producción agrícola.

En la actualidad la insuficiente producción nacional de este grano obliga a la compra en el mercado internacional del 63% de la semilla para la siembra. El programa nacional de producción de granos le confiere una alta prioridad a este cultivo para la sustitución de importaciones (Rodríguez, 2014).

En la agricultura cubana, su cultivo se realiza durante los meses de los períodos pocos lluviosos y a partir de la duración del ciclo de vida útil de los cultivares empleados estos pueden ser sembrados dos veces en la misma superficie en el mismo calendario agrícola, lo que implica que dada la brevedad en el acondicionamiento del suelo para la segunda siembra se encuentren en el terreno los residuos vegetales de la anterior cosecha, lo que pudiera acarrear posibles efectos interactivos entre las sustancias segregadas por los residuos y

la germinación de las semillas, emergencia y ulterior crecimiento de las plantas, ocasionando reducción en la población de plantas con la consiguiente pérdida en la producción del cultivo. Se ha informado rendimientos de bajos a medios ( $0,8 - 1,16 \text{ t.ha}^{-1}$ ) debido en lo fundamental al elevado número de organismos nocivos, al empleo de tecnologías inapropiadas y a la falta de cultivares tolerantes para esas condiciones (Nova y García, 2013) sin embargo, estos no se han relacionado con los posibles efectos de metabolitos secundarios presentes en el suelo provenientes de restos de plantas de cultivos anteriores.

Las encuestas realizadas al sector campesino, parceleros y los datos de archivos de las Empresas Agropecuarias fundamentalmente de las provincias de Mayabeque y Artemisa (MINAG, 2012) muestran que entre los residuos que anteceden al frijol común el 35% pertenecen al cultivo de maíz, el 20% de frijol común, 18% de boniato, 15% de girasol, 10% se refieren a la asociación maíz / frijol y el 2 % a otros residuos pertenecientes a diferentes cultivos y particularmente en los recorridos realizados a entidades agropecuarias pertenecientes al Ministerio del Interior (MININT) se encontraron que las siembras continuadas de este cultivo sobre sus propios residuos con un período de preparación de suelo de 15 días han causado bajos rendimientos.

La liberación de compuestos a partir de los residuos que pueden interactuar con las plantas cultivadas resulta de interés científico, técnico y económico en el Sistema Integrado de Cultivo especialmente por la posible reducción que en el rendimiento del mismo puede ocasionar a partir del tipo, cultivar y cantidad de residuos que no deben de exceder de  $3 \text{ t.ha}^{-1}$  (Crovetto, 2002).

Los programas de investigación para conocer el efecto mutuo entre los residuos de cosechas y las especies vegetales en los últimos años, refieren que el 70% de los trabajos describen únicamente ensayos de laboratorios, que intentan demostrar su acción a través de la medición del efecto de extractos de plantas donadoras sobre las plantas receptoras en la germinación y en determinados parámetros del crecimiento y solo el 17% conjugan ensayos de laboratorio con experiencia en campo (Oliveros, 2009; Jabeen *et al.*, 2011).

En Cuba, se han desarrollado estudios relacionados con las interacciones entre las especies vegetales a partir de la evaluación del efecto de extractos de plantas, en condiciones controladas y semicontroladas entre diversas especies, ya sean arvenses o plantas cultivadas, dentro de las que se destacan: girasol, especies de arvenses, frijol, maíz, boniato, Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (Mederos, 2002; Puente *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2006; Arévalo *et al.* (2009 y 2011). Sin embargo, no se encontraron trabajos que refieran el efecto de las interacciones entre los residuos vegetales en el sistema integrado de cultivo de frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93-N', el cual en los momentos actuales constituye un cultivar comercial, es el más difundido y presenta mayor disponibilidad de semilla.

Teniendo en cuenta lo anterior esta investigación tiene como problema científico ¿Los residuos de cosecha de boniato, frijol, girasol y maíz provocarán efectos negativos en el Sistema Integrado de Cultivo de frijol (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93-N'?

## **Hipótesis**

Los residuos de cosecha de frijol, maíz, boniato y girasol afectan negativamente el crecimiento y rendimiento en el Sistema Integrado de Cultivo de frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93-N'.

## **Objetivo General:**

Demostrar el efecto provocado por los residuos de boniato, frijol, girasol y maíz sobre el frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93-N' en el Sistema Integrado de Cultivo.

## **Objetivos específicos**

Evaluar en condiciones de campo el efecto de los residuos de boniato, frijol, girasol y maíz sobre la emergencia, crecimiento y rendimiento del frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93-N'.

Evaluar en condiciones de laboratorio el efecto de los extractos acuosos de boniato, frijol, girasol y maíz sobre la germinación y crecimiento inicial del frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93-N'.

Determinar los principales grupos de sustancias alelopáticas presentes en extractos de residuos vegetales de boniato, frijol, girasol y maíz.

## **Novedad Científica**

Se lograron resultados por primera vez en Cuba sobre el efecto alelopático de diferentes residuos de cosecha en el Sistema Integrado de Cultivo del frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93-N'.

Se llega a resultados, a partir de experimentos de campo y laboratorio, que contribuirán a la elaboración de una metodología para el estudio del efecto alelopático en los Sistemas Integrados de Cultivos.

Se determinó el grupo de familias fitoquímicas y sus cantidades presentes en los residuos de girasol, frijol, maíz y boniato.

### **Valor Práctico**

Los resultados obtenidos posibilitarán la mejor administración de riesgo a través del manejo de los residuos de cosecha en el sistema integrado de frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93-N' para disminuir la pérdida en la producción a causa de las diferentes sustancias químicas liberadas de los mismos.

### **Valor Teórico**

Se ofrece una interpretación y fundamentación científica de los fenómenos alelopáticos que se pueden manifestar en el Sistema Integrado de Cultivo de frijol y su consecuente aplicación de conocimientos para el óptimo manejo de los recursos bióticos en el espacio y el tiempo.

## **II. REVISION BIBLIOGRÁFICA**

### **II.1 Sistema de Producción Agrícola. Sistema Integrado de Cultivos (SIC)**

Uno de los grandes desafíos, que se enfrenta al establecer sistemas de producción, es alcanzar una utilización eficiente de los recursos propios del medio circundante, lograr maximizar las relaciones de complementariedad entre los componentes del sistema, mejorar la base biológica y la viabilidad económica y técnica (Venegas y Siau, 1994).

El concepto de Sistema de Producción Agrícola se basa en la Teoría General de Sistema que según Bertalanfly (1968) se define como un arreglo de componentes físicos unidos o relacionados en forma tal que actúa como una unidad y tienen un objetivo común.

El enfoque sistémico permite la comprensión de los eventos relevantes que ocurren en el proceso productivo y por otro lado formular en forma correcta las alternativas técnicas aplicables y reproducibles que mejoran la producción y eficiencia de transformación en los sistemas, a través de una comprensión integradora (Aguliar, 1992).

Dentro del Sistema de Producción Agrícola, se integran los subsistemas, que constituyen cada una de sus partes formados por un conjunto de interrelaciones estructurales y funcionales que los vinculan directamente con el sistema mayor y poseen sus características (Valderas, 1988).

Los subsistemas no son más que los Sistemas Integrado de Cultivos (SIC) en el marco de una explotación agraria que son componentes de un sistema en el que participan de forma interactiva, contribuyen a un objetivo común y

reaccionan globalmente ante estímulos externos (Urbano, 2002 ; Urra *et al.*, 2008).

En el Sistema Integrado de frijol común (*P. vulgaris*) sus componentes o elementos se disponen en forma de sucesión lógica y se interrelacionan, lo permite reconocer sus propiedades o características técnicas y socioeconómicas propias en el proceso de producción concreto, que a su vez mantiene conexión con las condiciones existentes en las que se desarrolla (SAGARPA, 2008).

### **II.1.2 Papel del frijol común en los Sistemas Integrados de Cultivo (SIC)**

El cultivo del frijol común (*P. vulgaris*), ocupa un lugar importante a nivel mundial en la economía, en la alimentación y en la superficie cultivada, extendiéndose su producción a los cinco continentes, constituye un complemento indispensable en la dieta alimenticia principalmente en Centro, Sur América, el Lejano Oriente y África. En Cuba, representa un elemento básico en la dieta humana, no solo por su valor alimenticio, sino por la tradición de su consumo ya que ha sido cultivado por muchos años, siendo los granos de color negro los más apreciados por la población (Alfonso *et al.*, 2 000).

Es la leguminosa alimenticia más importante para más de 300 millones de personas, además de ser una fuente de ingresos para millones de pequeños agricultores de escasos recursos, posee un alto contenido de proteínas (22-28%), vitaminas, minerales y fibras solubles (pectinas) y un bajo porcentaje de

grasas, tiene un valor energético elevado por lo que los nutricionistas lo consideran un alimento casi perfecto (González, 2010).

La superficie cosechada y la producción mundial de frijol presentan una tendencia positiva de crecimiento, mientras que la producción ha crecido más rápido que la superficie sembrada con tasas medias de crecimiento anuales entre 1,7 y 0,54% respectivamente. Entre los países con mayor superficie cultivada a nivel mundial se destacan la India (aportando el 33%) y Brasil (15%). En cuanto a la producción promedio mundial se alcanzan valores de 18 millones de toneladas, destacándose como los países productores líderes del mercado mundial Brasil (3,14 – 3,4 millones de toneladas) y la India (con un promedio de 3,0 millones de toneladas). Sin embargo, el rendimiento promedio de este grano es bajo, alcanza valores de 0,72 t.ha<sup>-1</sup> (FAO, 2010).

En Cuba, según los datos de archivos de la Oficina Nacional de Estadística (ONE, 2013), revelan una disminución de los rendimientos en este cultivo en las siembras realizadas en los años 2007, 2008, 2009 y 2010 que alcanzan valores de 1,16; 1,02; 0,74 y 0,71 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente, a pesar que en los dos últimos años se duplicó la superficie sembrada (ha) con respecto a los años 2007-2008.

La producción total nacional en la última década ha estado a cargo en su gran mayoría del sector agrícola no estatal, constituido fundamentalmente por fincas y pequeñas parcelas en condiciones de baja disponibilidad de agroquímicos y energéticos (Nova y García, 2013).

### **II.1.3 Residuos de cosechas en la agricultura**

El uso de los residuos de cosecha como coberturas en el suelo es una técnica muy antigua, utilizada hace más de una centuria, donde pequeños agricultores establecían sus cultivos cubriendo los mismos. En Cuba, en esta última década, se ha venido incrementando el uso de estos materiales en pequeñas superficies (Leyva, 2007).

Dadas múltiples investigaciones, se ha demostrado el efecto beneficioso que aporta esta técnica, destacándose la regulación de especies de arvenses, la protección del suelo y la conservación de su humedad, disminuye el efecto erosivo de la lluvia y el escurrimiento superficial e incrementa la capacidad de reciclaje de nutrientes, entre otros (Chen *et al.*, 2009).

Producto de la profundización científica e interrogantes aportadas por productores, investigadores y agricultores en general, se han realizado estudios relacionados con el impacto de materiales vegetales sobre el cultivo establecido, el que se comporta de forma desigual según el cobertor vegetal utilizado, lo que reafirma la presencia de interacciones entre el cultivo y los mismos (Blanco *et al.*, 2007).

En la producción de cultivos, la adecuada distribución de los residuos de cosecha es fundamental para la siembra siguiente, ya que cada cultivo aporta diferentes cantidades de material vegetal que varían según su calidad (Santana, 2005). Estos residuos de cosecha pueden producir determinados compuestos que liberados al medio pudieran provocar inhibición o estimulación a otros organismos de varias maneras, como reguladores de crecimiento vegetal,

inhibidores de fotosíntesis, reguladores de la respiración e inhibidores de actividad enzimática y proteica (Gomes y Christoffoleti, 2008). Existen diversas experiencias en el estudio del efecto que pueda ocasionar el empleo del frijol como cobertor. Ortega *et al.* (2005), usando coberturas con residuos de cosecha de frijol común (*P. vulgaris*) sobre el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) no observó efecto supresor en la germinación del mismo, probablemente debido a su rápida descomposición. Aunque la germinación del arroz no se afectó, aún a las intensidades más altas de residuos de cosecha evaluadas, según dichos autores, es conveniente realizar pruebas similares a largo plazo para determinar posibles efectos debido a la descomposición de residuos, alelopatía y acarreo de herbicidas después de varios ciclos consecutivos de cultivos de arroz.

#### **II.1.4 Peculiaridades de los precedentes culturales que se utilizan en las siembras de frijol común**

Teniendo en cuenta que el frijol común en Cuba se siembra en la época de los períodos poco lluvioso, cuando las condiciones del clima les son más favorable para su normal crecimiento y desarrollo; por lo general sus siembras son precedidas de cultivos plantados o sembrados en primavera como el boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), el maíz (*Zea mays* L.), el girasol (*Helianthus annuus* L.) entre otros, lo que implica su rotación con los mismos y en innumerables ocasiones, se utiliza una segunda rotación con el propio frijol cuando se realiza una siembra temprana que permita cosechar en el mes de diciembre para lograr realizar la siembra en enero, lo anterior implica realizar una preparación de suelo con el mínimo de labores (MINAG, 2012).

Dada esta realidad, es necesario considerar en el SIC los efectos que pudieran ocasionar estos residuos de cosecha a partir de las características propias del material vegetal utilizado que dañaría directa o indirectamente la subsiguiente cosecha. Crovetto (2002), coincide con otros autores en relacionar este efecto con la cantidad y tipo de residuo que existe en el suelo y aporta además que si esta cantidad excede de 3 t.ha<sup>-1</sup> el tiempo para evitar el efecto negativo será mayor.

Entre los residuos de cosechas que se utilizan en el SIC se encuentran:

- Boniato (*I. batatas* Lam)

Originario de los trópicos de América Central y Sudamérica. De este cultivo se extrae un importante almidón de utilidad comercial, como apresto de géneros textiles y aparejo de papeles, para fabricar adhesivos y en productos de lavado de tejidos (Núñez, 2005).

Los cultivares de color rosa y amarillo son ricos en carotenos, precursor de la vitamina A; su notable valor nutricional está dado fundamentalmente por la presencia de betacarotenos, de gran acción antioxidante para la prevención de múltiples enfermedades (Tique *et al.*, 2009). Contiene una serie de glicoalcaloides, dentro de ellos los más importantes son la solanina y la chaconina; es capaz de producir también fitoalexinas, entre ellas el 4-ipomeanol, que produce daños hepáticos, renales y pulmonares en animales de experimentación (Huang *et al.*, 2004). Se menciona además el kaempferol, 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 (González, 2007).

- Girasol (*H. annuus*).

El girasol es nativo de América, por su adaptabilidad a las bajas temperaturas y su uso como especie oleaginosa adquirió popularidad en Rusia desde comienzos del siglo pasado, siendo hoy este país el mayor productor y exportador del mundo (FAO, 2009). La importancia del cultivo se debe fundamentalmente a la excelente calidad del aceite comestible que se extrae de sus semillas (Sánchez *et al*, 2013).

Esta planta presenta claros antecedentes de actividad alelopática. Cooper y Stoez (1931) citado por Curtis y Cottan (1950), constataron el efecto que se denominó distribución en “anillo de hada” en las praderas de girasoles *Helianthus rigidus* L. Este efecto se manifiesta como una acentuada reducción del número de plantas, tamaño e inflorescencias en el centro de la población e intentaron explicar esta curiosa distribución de las especies.

Wilson y Rice (1968) observaron que después de dos estaciones sucesivas de crecimiento, las especies vegetales eran inhibidas en mayor o menor grado y de forma variable en las proximidades de las zonas donde se había desarrollado el girasol. No obstante, llegaron a la conclusión de que estas inhibiciones no se debían a interacciones competitivas, sino a que las plantas de girasol debían añadir al suelo algún tipo de compuesto cuando crecían que afectaba a las especies de su entorno.

Las principales fitotoxinas que se identificaron fueron el ácido clorogénico e isoclorogénico en extractos acuosos de todos los órganos de la planta y las cumarinas, escopolentina y ayapina de lixiviados de las hojas. Dichos compuestos pertenecen en su mayoría al grupo químico de los terpenoides, en especial al de los sesquiterpenos y de los fenólicos (ácidos cinámicos y derivados, cumarinas y flavonoides), habiéndose descrito actividad fitotóxica para muchos de ellos (Fajardo, 2005).

- Maíz (*Z. mays*)

El maíz es una gramínea anual, originaria de las Américas introducida en Europa en el siglo XVI. Los cultivares se clasifican de acuerdo con la duración de su ciclo vegetativo y las características de sus granos (López, 2009).

Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al arroz (*Oryza sativa* L.) y al trigo (*Triticum aestivum* L.) (Rodríguez *et al.*, 2013). Su importancia está dada por los diversos usos que tienen las diferentes partes de la planta que pueden utilizarse para la alimentación humana, animal y en la industria para producir harinas, siropes, cereales, aceites y whisky (Castillo y González, 2008).

Este cultivo genera una gran cantidad de biomasa aérea cosechándose el 50% en forma de grano y la proporción entre los componentes del residuo depende de la variedad, nivel de fertilización, tipo de cultivar y otros factores (Pérez y Rodríguez, 2010).

Los tallos presentan las estructuras más lignificadas y de mayor contenido de proteína bruta (3,1%) y las hojas de 4-7%. El residuo de maíz es bajo en materias nitrogenadas (4,5 % de proteína bruta promedio) (Infoagro, 2008).

El polen del maíz es particularmente fitotóxico, inhibe la germinación y el crecimiento de muchas arvenses al caer sobre el suelo, pues contiene una gran cantidad de un ácido (fenilacético) que funciona como regulador del crecimiento vegetal (Alfonso *et al.*, 2005; Laynez- Garsaball, 2007).

- Frijol común (*P. vulgaris*)

Originario de América, existen dos centros principales e independientes de domesticación, lo que hace que la diversidad intraespecífica del frijol común se dividen en dos reservas principales las andinas y los mesoamericanos (Gepts, 2010). Actualmente se encuentra distribuido en los cinco continente y es un componente esencial de la dieta especialmente en Centroamérica y Sudamérica (Ulloa *et al.*, 2011).

Entre las características morfológicas se destaca que el tallo tiene un tamaño variable que dependen del hábito de crecimiento determinado o indeterminado (Blair *et al.*, 2007). Es determinado, si presenta en su extremo una inflorescencia, alcanzan una altura entre (20 - 60 cm); mientras que los indeterminados no presentan inflorescencia en su yema terminal y pueden llegar a alcanzar entre (20 – 100 cm) de longitud (Faure *et al.*, 2013).

La forma de la parte terminal del tallo, la longitud de los entrenudos, la aptitud para trepar o capacidad de torsión y el grado de ramificación conforman el

hábito de crecimiento del frijol común, de gran utilidad en la descripción morfológico de los cultivares agronómicos (Alfonso *et al.*, 2000).

Los cuatro tipos de hábitos principales según (Escoto, 2011) son:

Tipo I determinado arbustivo

Tipo II indeterminado arbustivo

Tipo III indeterminado postrado

Tipo IV indeterminado trepador

El crecimiento y desarrollo de las plantas de frijol común comprende dos fases fenológica: la vegetativa y la reproductiva (MINAG, 2010).

Según Faure *et al.*, (2013) a lo largo de las fases se han identificado 10 etapas (Tabla 1).

Tabla 1. Etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo del frijol común

FASE	ETAPA		Evento que inicia cada etapa
	Código	Nombre	
Vegetativa	V <sub>0</sub>	Germinación	La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación
	V <sub>1</sub>	Emergencia	Los cotiledones del 50% de las plantas aparecen al nivel del suelo
	V <sub>2</sub>	Hojas Primarias	Las hojas primarias del 50% de las plantas están desplegadas
	V <sub>3</sub>	Primera hoja trifoliada	La primera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada
	V <sub>4</sub>	Tercera hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegadas
Reproductiva	R <sub>5</sub>	Prefloración	Los primeros botones o racimos han aparecido en el 50% de las plantas
	R <sub>6</sub>	Floración	Se ha abierto la primera flor en el 50% de las plantas

	R <sub>7</sub>	Formación de vainas	Al marchitarse la corola, en el 50% de las plantas aparece por lo menos en una vaina
	R <sub>8</sub>	Llenado de vainas	Llenado de semillas en la primera vaina en el 50% de las plantas
	R <sub>9</sub>	Maduración	Cambio de color al menos en una vaina en el 50% de las plantas

Las semillas de esta planta poseen un alto contenido en proteínas, fibras y una fuente excelente de minerales (Castillo y González, 2008) las mismas contienen cantidades considerables de linamarina (Farming, 2009). Además de alcaloides, taninos, antocianinas, flavonoides tales como kaempferol, quercitina y miricetina (Ghassemi *et al.*, 2009; Fang *et al.*, 2010; Roy *et al.*, 2010).

#### **Características más generales de los cultivares CV. 'CC 25-9N'**

(Rodríguez, 2000)

Hábito de Crecimiento: Indeterminado. Tipo III

Color del grano: negro

Período de siembra: septiembre – diciembre

Óptimo: 15 octubre - 30 diciembre

Distancia de siembra: 0,90 – 0,70 x 0,05 m

Masa de 100 semillas: 22,5 g

Rendimiento: 2,5- 3,0 t.ha<sup>-1</sup>

#### **Características más generales de los cultivares Tomeguín 93-N**

(Fernández, 2014)

Hábito de Crecimiento: Indeterminado de tipo II

Color del grano: negro

Período de siembra: septiembre – 30 de enero

Óptimo: 15 octubre - 30 diciembre

Distancia de siembra: 0,90 – 0,70 x 0,05 m

Densidad de siembra: 200-250 mil plantas / ha

Masa de 100 semillas:

Rendimiento: 2,7 t.ha<sup>-1</sup>

### **II.2.1 Alelopatía. Conceptualización del problema.**

Desde épocas remotas (siglos III y V) los efectos alelopáticos de algunas plantas sobre otras han sido objeto de estudio desde sus inicios por Theophratus y Demócrito respectivamente (Putnam, 1987).

El término alelopatía fue definido por Molisch (1937) a partir de las palabras griegas *allos* (mutuo) y *pathos* (influencias), anteriormente este mismo autor en 1928, utiliza por primera vez el término alelopatía refiriéndose a las interacciones bioquímicas entre todo tipo de plantas, incluyendo microorganismos (Chaniago *et al.*, 2008). Sin embargo, autores como Whittaker (1970) tienen en consideración que las sustancias químicas influyen en la relación entre otros organismos que no son plantas, como insectos y herbívoros, abarcando todas las influencias entre los seres vivos provocadas por sustancias químicas elaboradas por ellos y que ocurren o no en el reino animal.

Rice (1974) refiere el término a cualquier daño directo o indirecto producido por una planta sobre otra, incluyendo a microorganismos a través de compuestos químicos liberados al medio ambiente, aceptada esta definición por otros autores como Bowen (1991) y Dilday *et al.*, (1992).

Overland citado por Samprieto (2002) observó la alelopatía como un fenómeno de excreción de sustancias con efecto inhibitorio, estimulante e incluso

autotóxico provenientes de las partes aéreas o subterráneas, ya sean vivas o muertas y/o producto de su descomposición en el suelo, donde los efectos que se pueden producir estarían determinados por:

- Las plantas indeseables sobre los cultivos
- Entre ellas mismas o por los cultivos sobre las plantas indeseables
- Entre diferentes cultivos o de un cultivo sobre sí mismo.

El concepto más amplio ha sido dado por la Sociedad Internacional de Alelopatía (1996) en su Primer Congreso, al plantear la alelopatía como la ciencia que estudia cualquier proceso que involucre metabolitos, preferentemente secundarios, de origen vegetal o microbiano, que influyan en el crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos. Los efectos alelopáticos no solo se observan en ecosistemas naturales, sino también en los agroecosistemas (Macías *et al.*, 1998; Igartuburu y Falcón, 2000; Macías *et al.*, 2007).

El término alelopatía refiere al conjunto de interacciones entre especies de plantas, que en el balance general se traduce en un efecto perjudicial a una de ellas para aumentar la prevalencia de la especie productora (Inderjit y Duke, 2003). De esta manera, el efecto alelopático de una planta sobre otro organismo no es total para bien o para mal, sino que está regido por manifestaciones de mayor o menor grado según sean las características de los organismos involucrados (Sampietro, 2004).

## II.2.2 Naturaleza del fenómeno

Teniendo presente el basamento conceptual del fenómeno alelopático, son de naturaleza química muy diversa y la mayoría son de origen orgánico (Theis y Lerdan, 2003; Macías *et al.*, 2007).

Los compuestos alelopáticos liberados por las plantas son considerados metabolitos secundarios producidos como resultado de las rutas metabólicas primarias (Hadacek, 2002). Su actividad alelopática está probablemente originada por la acción conjunta de varios aleloquímicos, más que por la acción de uno solo (Inderjit y Olofsdotter, 2002). Muchos de estos compuestos pueden acumularse en gran cantidad, por tanto, la cantidad de compuestos secundarios encontrados en las plantas es el resultado de un equilibrio entre síntesis - almacenamiento – degradación (Cardozo, 2005).

El hecho que los compuestos químicos se encuentren típicamente en solo una especie o un grupo de plantas taxonómicamente relacionadas, por lo que muchos de ellos se consideran marcadores taxonómicos de familias y géneros, marcan la diferencia con los metabolitos primarios los cuales se encuentran en todo el reino vegetal y las diferencias entre especies son de índole cuantitativa (Garbarino, 2003).

De acuerdo con lo planteado por Loreto (2009) en algunos casos, los metabolitos secundarios intervienen en las relaciones de competencia con otras plantas, actuando como agentes alelopáticos y contra invasiones de hongos, bacterias y virus en relaciones de mutualismo, en la fijación del N<sub>2</sub> atmosférico, la formación de nódulos y la relación simbiótica en las raíces de las

leguminosas, pueden afectar además estructuras citológicas y ultraestructurales; hormonas alterando tanto sus concentraciones como el balance hormonal, membranas y su permeabilidad, absorción de minerales, síntesis de proteínas, actividad enzimática, relaciones hídricas y el material genético induciendo alteraciones en el ácido desoxirribonucleico (DNA) y ácido ribonucleico (RNA).

Gatti *et al.*, (2004) y Singh *et al.*, (2005) infieren que los aleloquímicos pueden ser liberados por el lavado de las hojas verdes de las plantas, lixiviación de hojas secas, volatilización de las hojas, por exudados de las raíces y liberados durante la descomposición de restos de plantas; mencionan además que las flores, frutos y semillas pueden ser fuente de toxinas alelopáticas.

Entre los factores que influyen en la presencia de metabolitos implicados se encuentran los metales pesados, la radiación ultravioleta (UV), la aplicación de herbicidas o el mismo estrés medioambiental pudiendo producir diferentes efectos en la producción de aleloquímicos (Lorenzo *et al.*, 2008). Este efecto no solo depende de la intensidad y del tiempo de exposición del mismo, sino también de la especie, variedad e incluso del individuo, así como de las condiciones de vida previa (Alias *et al.*, 2006; Ortiz *et al.*, 2009; Nogueiras *et al.*, 2010).

Entre los compuestos mejor estudiados y con capacidad alelopáticas se destacan los fenólicos; de hecho han sido identificados, más a menudo como responsables de efectos fitotóxicos que cualquier otro grupo de sustancias, se encuentran virtualmente siempre que se analiza en la planta o en suelo; los

ácidos gentísico y p- hidroxibenzoico han aparecido en el 97% de las especies estudiadas y también aparecen muy frecuentemente los ácidos p-cumárico, protocatético , ferúlico y cafeíco; los ácidos vanílico y serínico están presentes universalmente en las plantas con lignina (Harbone, 1985; Muller 2009 ).

Estos fenoles son hidrosolubles y se han encontrado efectos alelopáticos a través de pluviolavados incluso por el rocío, pueden aparecer en el suelo por descomposición microbiana de residuos vegetales, aunque la concentración de los mismos sean bajas en el suelo se han encontrado efectos sinérgicos entre ellos, que podrían explicar la toxicidad en muchos casos (Macías *et al*, 2007).

Dentro de estos compuestos los flavonoides tienen la capacidad de ser fuentes antioxidantes; poseen un mecanismo de acción asociado a la inhibición de los procesos de oxidación mitocondrial y transporte de electrones (Annegowda *et al.*, 2010; Madhu *et al.*, 2011).

Makoi y Nadakidemi (2007), refieren que la exudación de compuestos de bajo peso molecular provenientes de la semilla que se encuentra en el suelo o en las raíces de las plantas activa la expresión de genes en los nódulos en plantas de leguminosas.

Otros autores hacen referencia a compuestos con capacidad alelopática perteneciente a otros grupos: cumarinas especialmente esculetinas y escopleletinas (Al- Naib y Rice, 1971), taninos (Rice y Pancholy, 1973; Jarchow y Cook, 2009), poliacetilenos (Fisher *et al.*, 1994; Kobayashi *et al.*, 1980; Thorpe *et al.*, 2009) y terpenoides como responsables de numerosos fenómenos de interacción alelopática (Richardson *et al.*, 1988; He *et al.*, 2009). Se mencionan

además las saponinas que poseen gran actividad biológica principalmente sobre membranas celulares, específicamente sobre proteínas y fosfolípidos provocando su debilidad y permeabilidad (Shivanna *et al.*, 2009).

Los taninos, provocan reducción en la síntesis de enzimas hidrolíticas, tales como la amilosa y fosfatasa ácida en endosperma de semillas (Pfundsteina *et al.*, 2010; Sandoval., 2011 y Vijayalakshmi *et al.*, 2011).

Los terpenoides, son los inhibidores de crecimiento más estudiados entre los más frecuentes se encuentran alcanfor, 1,8 – cineol y dipenteno (Ortiz, 2009).

En la paja de la caña de azúcar (*S.officinarum*) fue identificado el ácido serúngico, ferúlico, vinílico como fitotoxinas (Sampietro *et al.*, 2005). Estos compuestos incrementan la dispersión de la membrana celular, inhiben la actividad de la deshidrogenasa y reduce el contenido de la clorofila en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) (Sampietro *et al.*, 2006).

En *Citrus ladanijer* L., los flavonoides como agente alelopático inhiben la germinación y desarrollo de las plántulas herbívoras que compiten con ella por el mismo espacio, además de actuar como filtro de luz ultravioleta para evitar los daños celulares que causa esta radiación (Zhou y Yu, 2006 y Alías *et al.*, 2006).

Resulta interesante comprobar que los residuos vegetales enterrados son a menudo una fuente de sustancias fenólicas con capacidad tóxica; especialmente cuando su descomposición se produce en condiciones anaerobias (Kobayayaski, 2004).

Según Bowen (1991) cualquiera que sea el origen del compuesto alelopático, este no podrá inhibir directamente el desarrollo del cultivo hasta que no se hayan satisfecho tres condiciones adicionales.

- ⇒ Debe existir en el suelo suficiente concentración del compuesto activo
- ⇒ Este debe entrar en contacto con una planta susceptible
- ⇒ La sustancia debe permanecer en el suelo el tiempo necesario para ser absorbida por el cultivo y ejercer su efecto.

Este autor refiere que estas condiciones no siempre ocurren, pues típicamente los compuestos se lixivian o volatilizan del suelo con rapidez; muchos son absorbidos y desactivados por las partículas del suelo. Por consiguiente, la inhibición directa de las sustancias alelopáticas es usualmente de corta duración.

Rodríguez (2009) considera que en la alelopatía es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ⇒ Capacidad de especies o cultivares para producir aleloquímicos
- ⇒ Capacidad de varias plantas para sintetizar compuestos aleloquímicos
- ⇒ La producción de esos compuestos durante las distintas etapas de su vida vegetal.

Esto demuestra, que el fenómeno en su conjunto es mucho más complejo, no solo es importante establecer la relación directa o indirecta entre la planta y los compuestos derivados que se encuentran en el medio; sino también conocer las cantidades presentes en el tiempo de persistencia en el medio necesario para

afectar a otros organismos, las transformaciones que se producen en los compuestos durante su camino hacia la planta receptora y la influencia de las condiciones ambientales en todo el proceso (Hidalgo *et al.*, 2009).

Las plantas receptoras pueden ser sembradas o plantadas en asociación con las donantes, o ser sembradas cerca de los donantes en la misma superficie del suelo o en una distinta localización. Las plantas cultivadas frecuentemente se ponen en contacto con los aleloquímicos como componentes del suelo. Los aleloquímicos se mueven de un lugar a otro, su cantidad, tiempo de estancia y actividad biológica fluctúan constantemente (Ens *et al.*, 2010).

Los estudios realizados por Oliveros *et al.*, (2009) han conllevado a abordar el mecanismo o ciclo alelopático en diferentes niveles de estudio, que contemplan la determinación de la presencia y subsiguiente liberación del aleloquímico por una planta denominada donadora, así como el tiempo de vida de estos compuestos en el suelo.

Las nuevas estrategias para ecosistemas sustentables controlados por los aleloquímicos ofrecen un interés particular debido a que estos productos pueden estimular o inhibir la germinación y el crecimiento de las plantas (Zhang *et al.*, 2009). Esto permite que las investigaciones alelopáticas se encaminen en dos frentes según (Olofsdotter y Mallik, 2001):

1. En las investigaciones aplicadas a las técnicas culturales en los sistemas de cultivos, la silvicultura y la conservación natural
2. En la especialización en el desarrollo de los cultivos

### **II.2.3 Metodología de la investigación en alelopatía**

La mayor parte de la investigación alelopática, se ha realizado utilizando bioensayos, tanto de laboratorio como de invernadero (Stowe y Kill, 1981; Rice, 1984; Souza *et al.*, 2010).

El bioensayo consiste en tomar un fragmento de la planta sospechosa de producir fitotoxinas o bien un extracto de esta y aplicarlo a una especie potencialmente receptora, observando los cambios que pueda producir respecto a un control en que los fragmentos o extractos de la especie productora no están presentes (Olofsdotter, 1998).

Otro de los métodos utilizados para demostrar la existencia de fenómenos alelopáticos consiste en buscar correlaciones estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en el laboratorio y la distribución espacial de las especies o la secuencia sucesional (Rice, 1992 y Olofsdotter, 1998). Estos autores refieren los bioensayos de campo el cual consiste en estudiar los extractos producidos de forma natural en el campo sobre una o varias especies. Basándose en las críticas de Harper (1977), quien infiere que sí los síntomas específicos de la fitotoxicidad pudieran ser identificados en el laboratorio y después encontrados o producidos en el campo, se demostraría fehacientemente un fenómeno alelopático.

Los resultados obtenidos por el método de campo pueden ser reforzados por los resultados obtenidos en bioensayos de laboratorio o invernadero, aumentando el valor de estas y consiguiendo una evidencia mucho más fuerte (Stowe y Kill, 1981).

Pérez (1990) propuso un protocolo que, entre sus elementos, mencionan demostrar la existencia de interferencia, describir la sintomatología y cuantificar sus efectos, aislar y caracterizar él o los compuesto(s) químico(s) producido(s) por la planta emisora y aplicarlos sobre la planta receptora. La identificación de compuestos químicos es una etapa clave para probar la existencia de la alelopatía y demostrar la liberación del compuesto por la planta emisora, su movimiento hacia la planta receptora y su asimilación por parte de esta.

Para el procedimiento del experimento pueden probarse materiales de cualquier procedencia (raíces, tallos, hojas, flores, frutos y aún hojarasca y suelo), utilizándose distintos tratamientos del material recogido; material dejado intacto, cortados, secados y triturados. Las semillas o plántulas receptoras pueden situarse en placas de Petri, sobre papel cromatográfico, sobre una esponja, sobre suelo, arena o en cultivo hidropónico, mientras que el parámetro medido puede ser germinación, crecimiento de alguna parte de la plántula (generalmente la radícula), masa fresca o masa seca de la plántula completa o de alguna de sus partes (Stowe y Kill, 1981).

Los bioensayos en plantas receptoras ejercen mayor influencia, diversos autores entre ellos Macías *et al.*, (2000); Moraes *et al.*, (2009); Souza *et al.*, (2010) infieren que el uso de más de una especie permite mejor dimensionamiento de las potencialidades alelopáticas de las especies donadoras y entre las especies receptoras se encuentran las más sensibles, medianamente sensibles y las de baja sensibilidad.

Los métodos tradicionales de extracción requieren altos tiempos de resiliencia y grandes cantidades de solvente. Se basan en la selección del solvente asociado con el uso de calor y/o agitación e incluyen el Soxhlet, la hidrodestilación y maceración mezclada con agua, alcohol o grasa caliente (Duffau *et al.*, 2011).

Los solventes escogidos para la extracción deben disolver los metabolitos secundarios en estudio, ser fácilmente removible e inertes. El metanol y el etanol 80% son solventes alcohólicos que penetran eficientemente las membranas celulares, permitiendo la extracción de grandes cantidades de componentes intracelulares (Khan *et al.*, 2010).

Es importante conocer las características de los metabolitos secundarios de las plantas ha ser extraídos (solubilidad, reactividad, estabilidad) con el objetivo de seleccionar el solvente apropiado para la extracción y así evitar la descomposición del soluto y la formación de otras sustancias (Ndakidemi y Dakora, 2003; Travieso *et al.*, 2010).

#### **II.2.4 Manejo fitotécnico de la alelopatía**

León y Ravelo (2010) definen que entre las prácticas agrícolas, el laboreo mínimo conforma el conjunto de prácticas de manejo por las cuales la superficie del suelo una vez implantado el cultivo se mantiene cubierta con al menos un 30% de residuos; ya sean en cobertura, en la superficie del suelo o incorporados en los primeros 10 a 15 cm del perfil que permiten por un lado

crear una pantalla de protección que se interponen entre el suelo y la atmósfera y por otro lado, su descomposición.

Durante el proceso de descomposición; de acuerdo a lo planteado por Duke *et al.*, (2007) se genera básicamente la alelopatía y su efecto puede ser intenso en residuos sobre el suelo, lo que afecta a las semillas que inician su etapa de germinación, a las plantas ya establecidas y directamente a las siembras de cero labranza.

Igualmente, Lorenzo *et al.*, (2009) afirman que además daña a siembras en mínima labranza cuando el residuo se encuentra semincorporado y el suelo no ha recibido lluvias suficientes o se interrumpen por más de 15 días.

La selección de cultivares y el manejo adecuado de los residuos según (Harwing y Among, 2002) pueden ser enfoques importantes para minimizar los efectos deletéreos sobre los cultivos, incluyendo la autotoxicidad. El momento y el tiempo de descomposición de los residuos en relación con la semilla del cultivo pueden ser manipuladas para reducir el nivel de toxicidad a que serán expuestas las plántulas emergidas (Quintana *et al.*, 2009).

En el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) se ha encontrado que el efecto residual puede diferir entre cultivares alelopáticos, lo que sugiere que más de un aleloquímico esté involucrado y pueda tener diferente persistencia en los suelos (Olofsdotter y Mallik, 2001).

Layne – Garsball *et al.*, (2007) plantean que la siembra de maíz (*Z. mays*) cada dos años en un mismo campo, se establece con una rotación de trigo

(*Triticum aestivum* L.) ya que el residuo de trigo ejerce una acción alelopática positiva al ayudar a controlar arvenses de hoja ancha.

El efecto visible de la alelopatía está relacionado con el efecto morfológico que causan en las plantas: inhibición o retraso de la germinación de la semilla, efecto sobre la elongación del coleóptilo y la radícula, en el desarrollo del tallo y la raíz (Macías *et al.*, 1998). De no existir una característica específica, esta altura conjuntamente con la longitud de las raíces y la masa seca de las plantas testigo pueden ser usadas como parámetros medibles para evaluar el potencial alelopático (Inderit y Kesting, 1999).

En la literatura consultada es destacable la creciente atención en la búsqueda de la explotación de la alelopatía en el manejo de los agrosistemas. Rice (1992) señala que los fenómenos alelopáticos han de jugar un papel importante en el manejo de los ecosistemas agrarios, pueden utilizarse en asociaciones que resulten benéficas y permitan manipular el banco de semillas, eliminar las plántulas más susceptibles a distintos tratamientos o para inhibir su germinación sí es posible.

Reigosa (1994) sugiere que a través de estos fenómenos se podría utilizar juiciosamente la rotación de cultivos en el sentido de alternar una cosecha no alelopática con otra que sí lo sea, determinar qué cultivares poseen mayores capacidades alelopáticas y otra vía alternativa consiste en la utilización conjunta de una planta sin capacidad alelopática del cultivo que interesa cultivar y otra que sí produzca pero que no provoque efecto negativo sobre la especie a proteger.

Kobayashi *et al.*, (2004) se refieren a tres elementos: la posibilidad de mejorar la compatibilidad para hibridar distintos cultivares, géneros, familias a través de un cambio en sus potenciales alelopáticos, la identificación y síntesis de nuevos compuestos con actividad herbicida y por último, mejorar la capacidad productiva de los diferentes agroecosistemas.

Olofsdoter y Mallik (2001) enfatizan que para demostrar la posibilidad del uso de la alelopatía son necesarios los siguientes criterios:

1. Los experimentos deben ser realizados en condiciones de laboratorio y campo para ilustrar los efectos producidos por los aleloquímicos
2. Aislamiento, identificación y caracterización de los aleloquímicos
3. Establecer correlación entre la inhibición del crecimiento y los aleloquímicos.
4. Correlación del mapeo genético de Loci de Caracteres cuantitativos (QTL) con la alelopatía
5. Mejoramiento para la prueba de cultivares alelopáticos en laboratorio y experimentos de campo.

Todo lo anterior supone que las nuevas tecnologías proveerán un incremento de la intensidad agrícola y de las superficies sostenibles para la agricultura, que permitan determinar el mejor compromiso entre el mejoramiento que brinda la tecnología y como usar las nuevas tecnologías, los esquemas agroambientales y el balance de intensificación y extensificación manteniendo la producción de alimentos de forma sostenible en resguardo del ecosistema, la biodiversidad y los impactos socio – económicos (Pretty *et al.*, 2010).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Condiciones Experimentales

Durante los años 2007 – 2011 fueron conducidos cinco experimentos de campo y ocho en condiciones de laboratorio para evaluar el efecto alelopático de residuos de boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lam), frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.) y maíz (*Zea mays* L.) sobre la germinación, emergencia y ulterior crecimiento del frijol común.

Los experimentos de campo se realizaron en superficies agrícolas de la Empresa Agropecuaria 19 de Abril ubicada en el municipio de Quivicán, provincia de Mayabeque sobre un suelo Ferralítico Rojo – típico eútrico (Hernández *et al.*, 1999) según la nueva clasificación de suelo que se correlaciona con un Nitisol Ferrálico nódico eútrico de la WRB (2008). Algunas de las propiedades químicas y físico-químicas revelan que este suelo presenta bajo contenido de materia orgánica (2,8), un pH casi neutro (7,18), con una saturación de bases intercambiables mediana (25,69) y una relación  $Ca^{2+} / Mg^{2+}$  adecuada (3,47  $cmol (+).kg^{-1}$ suelo), según Martín (2010), lo que le confiere condiciones aceptables para la producción del frijol común.

El comportamiento de las variables climatológicas: temperaturas medias ( $^{\circ}C$ ), precipitaciones (mm) y humedad relativa (%) durante los meses de diciembre – marzo en los diferentes años en estudio se reflejan en la figura 1.

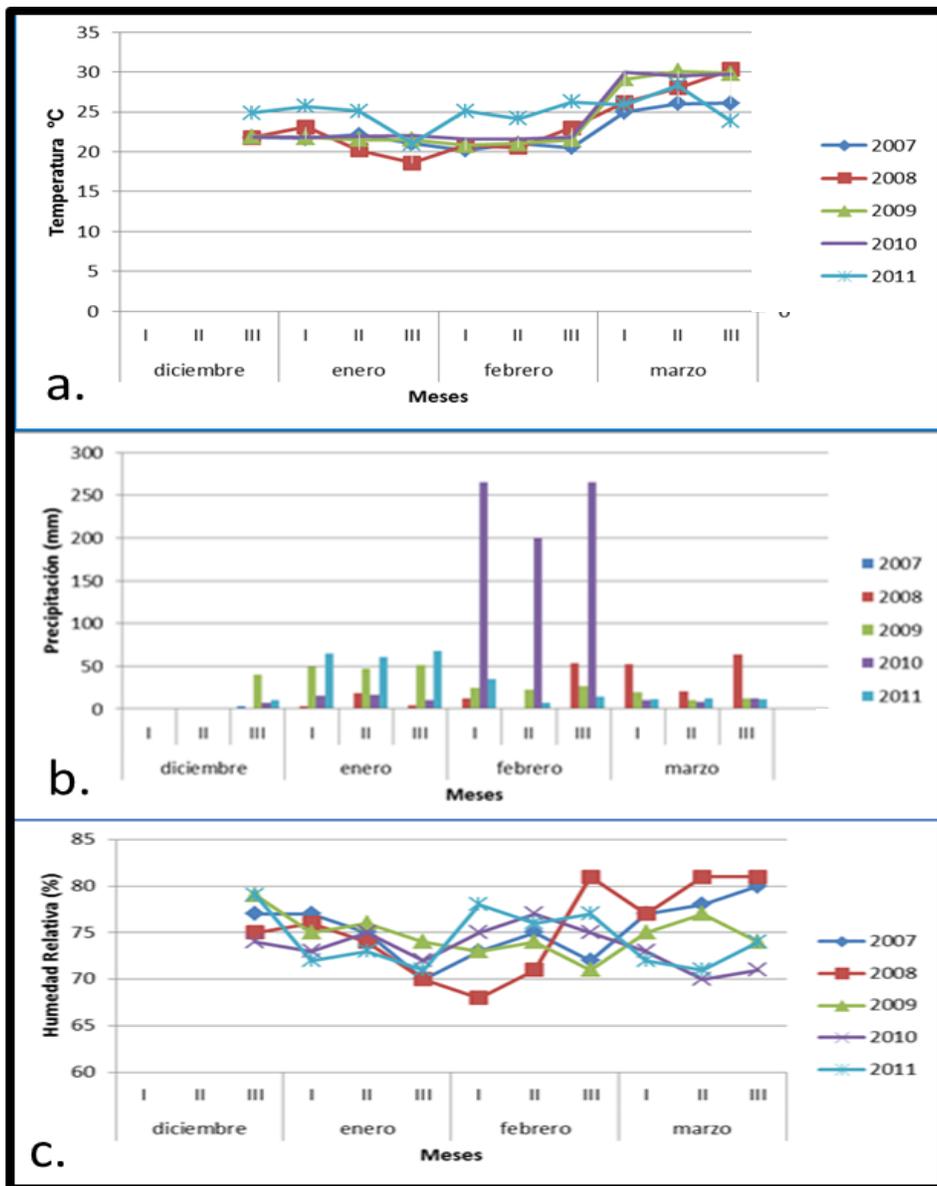


Figura 1. Comportamiento de las variables climatológicas: a-temperatura (°C); b-precipitaciones (mm); c-humedad relativa (%) en los diferentes meses del año.

Los experimentos de laboratorio se realizaron en la Unidad Docente "William Soler" ubicada en el municipio de Quivicán, provincia Mayabeque, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de La Habana y en el

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), ubicado en el municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque.

### **III.1 Efecto de los residuos de cosecha en condiciones de campo**

Para la determinación del efecto alelopático en condiciones de campo se utilizaron como fuente de material a incorporar y en cobertura (mezcla de hojas y tallos secos a igual proporción) los cultivos de: boniato (*I. batatas*) clon 'CEMSA 78-354', frijol común (*P. vulgaris*) cultivar 'Tomeguín 93 – N', girasol (*H. annuus*) cultivar 'Cuba-Sol' y maíz (*Z. mays*) cultivar 'Francisco'.

Las siembras de frijol común se realizaron en la segunda quincena del mes de diciembre durante los años 2007 – 2010. En el período comprendido entre el 2007 - 2009 el cultivar empleado fue 'Tomeguín 93 – N' y en las siembras del año 2010 unido al cultivar anterior se utilizó el cv. 'CC 25-9N', que a pesar de la poca disponibilidad de semilla, es el estándar nacional.

Los residuos de cosecha se utilizaron incorporados en la siembra de los años 2007 y 2008; a partir de los años 2009 y 2010 se incluyó la cobertura. Los residuos incorporados fueron troceados a 5 cm de longitud ubicado en el fondo del surco de forma manual, entre 5 y 7 cm de profundidad. Las dos formas de empleo se utilizaron a razón de 0,3 kg.m<sup>-2</sup>.

La siembra de frijol común fue realizada a los 15 días de colocados los residuos para todos los años en estudio, teniendo en cuenta los resultados de ensayos anteriores donde se probaron períodos de 7, 14 y 21 días de colocación de los residuos que mostró, su mayor respuesta fueron establecidos con 14 días con antelación a la siembra. (Méndez *et al.*, 2004 y Valerino *et al.*,

2005) La distancia de siembra utilizada fue de 0,70 x 0,05 m. Las atenciones culturales se realizaron teniendo en cuenta las exigencias del cultivo (Alfonso *et al.*, 2000). Los desyerbes se realizaron a los 15 y 30 días de la emergencia de las plantas de forma manual extrayéndose del campo. No se realizaron aplicaciones de productos fitosanitarios de ningún origen, teniendo en cuenta que los organismos nocivos no constituyeron problemas fitosanitarios en el cultivo, por sus niveles bajos de población según metodología de las EPP (Cuba, 2007).

La dimensión de la parcela experimental fue de 7 x 5 m (35 m<sup>2</sup>), con una superficie de cálculo de 20 m<sup>2</sup> conformada por los cinco surcos centrales con una longitud de 6 m. Se utilizó un diseño de bloques al azar con las combinaciones, resultantes de los diferentes residuos vegetales en su forma de empleo (incorporado y cobertura en dependencia del año en cuestión) y el testigo. El experimento constó de cuatro réplicas; lo que representó un número de 20 y 36 parcelas acorde a las variantes utilizadas.

Fueron evaluadas 20 plantas por tratamiento en cada réplica para un total de 80 observaciones.

Las observaciones y/o determinaciones fueron en la fase vegetativa, reproductiva y en la cosecha.

#### Fase Vegetativa

- ✓ Emergencia de las plantas: Evaluada en la etapa V1 (cuando el 50 % de los cotiledones aparecen al nivel del suelo) expresada en porciento.

✓ Aparición de las diferentes etapas (días): Evaluadas en las etapas (V1; V2; V3 y V4).

- V2.: Cuando el 50 % de las hojas primarias están desplegadas.
- V3.: Cuando la primera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada.
- V4. Cuando la tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada.

✓ Longitud del tallo (cm): Evaluado en las etapas (V3; V4; R5 y R6)

- R5: Cuando los primeros botones o racimos han aparecidos en el 50% de las plantas (prefloración).
- R6: Cuando se ha abierto la primera flor en el 50% de las plantas.

### Fase Reproductiva

✓ Enmalezamiento: Evaluado en la etapa R5.

- Cobertura (%) de las diferentes especies
- Diversidad de especies. Ambas observaciones se realizaron en cinco marcos de 1m<sup>2</sup> colocados por parcelas y en cada uno de ellos fue estimado de forma visual el porcentaje de cobertura de todas las especies de malezas y se contó el número de especímenes de cada especie (La O *et al.*, 1992).

### Cosecha

✓ Componentes estructurales del rendimiento: (Fueron evaluadas 40 plantas por tratamientos) y se determinó.

- Legumbres / planta
  - Granos / legumbre
  - Granos / planta
  - Masa de 100 semillas (g)
- ✓ Rendimiento ( $t\cdot ha^{-1}$ ): Masa del grano cosechado en la superficie de cálculo a un 12% de humedad.
- ✓ Evaluación económica: La evaluación económica del Sistema Integrado de frijol común, se realizó a partir de los indicadores que miden la eficiencia económica, según Trujillo *et al.* (2010) y Cordovés (2013). Para ello se tomaron los elementos de la metodología de Cruz (2000) y el listado oficial de precios (Ministerio de Finanzas y Precios, 2013).

Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

- Ingreso. $ha^{-1}$ : relación entre el ingreso total y la superficie total
- Utilidad. $ha^{-1}$ : relación entre las utilidades o ingreso menos gasto y la superficie total
- Costo unitario: relación entre el costo total y el volumen de producción
- Rentabilidad: relación entre el beneficio y las ventas por 100.

### **III.2 Efecto de extractos de residuos de cosecha sobre la germinación y crecimiento inicial del frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93 N' en condiciones de laboratorio**

Se realizaron cuatro experimentos en dos momentos durante dos años (2009 y 2010) en condiciones de laboratorio para evaluar el efecto de extractos de

boniato clón 'CEMSA 78-354', frijol común cv. 'Tomeguín-93 N', girasol cv. 'Cuba-Sol' y maíz cv. 'Francisco' sobre la germinación y crecimiento inicial del frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín-93N'. El material vegetal (una proporción constante de hojas y tallos) se recolectó en diciembre, se secó a temperatura ambiente y a la sombra.

El extracto acuoso se preparó a partir de 50 g de residuo vegetal seco, según la metodología de Inderjit (2006), se maceró con una porción de agua destilada y a continuación se completó hasta 1000 mL con agua destilada. Posteriormente se agitó dejándolo en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente. Se prepararon cuatro diluciones con el extracto anterior correspondientes al 5, 10, 15 y 20 mL / 100 (v:v) empleando agua destilada.

Se colocaron 10 semillas de frijol común en cada placa de Petri de 16 cm de diámetro sobre 1 cm de espesor de algodón cubierto con un papel de filtro. Se añadieron 5 mL de los extractos de las diferentes concentraciones preparadas a las semillas y se le mantuvo la humedad con la adición de agua destilada regularmente con volumen constante. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 40 observaciones por tratamientos.

Los experimentos se realizaron a temperatura ambiente y régimen de luz normal.

Las variantes experimentales para el extracto obtenido a partir de cada material vegetal fueron:

1. Dilución 5/100 mL ( v/v)

2. Dilución 10/100 mL (v/v)
3. Dilución 15 mL (v/v)
4. Dilución 20 mL (v/v)
5. Testigo (agua)

Las variables evaluadas fueron:

Etapa Vo. Cuando la semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación (emisión de la radícula).

- Germinabilidad:(según Rosado *et al.*, 2009)

$$G = N/A \times 100$$

N: número de semillas germinadas

A: número total de semillas colocadas para germinar

Etapa V<sub>2</sub>

- Supervivencia de las plantas. (Porcentaje de reducción).
- Longitud del tallo (cm.): Medida desde el punto de inserción de las raíces hasta el ápice del último meristemo apical
- Longitud de las raíces (cm.): Medida desde el punto de inserción de las raíces hasta el extremo. Ambas longitudes fueron realizadas con una regla graduada en cm
- Masa fresca del tallo y las raíces (g).
- Masa seca del tallo y las raíces (g).

Tanto para la masa seca del tallo como de las raíces, el secado se realizó en una estufa - marca MEMMERT (Alemania) – a  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas

hasta masa constante. En todos los casos, la masa se determinó en la balanza analítica ( $\pm 0,0001\text{g}$ ) marca SARTORIUS (Francia).

### III.3 Identificación de los principales grupos fitoquímicos

En la segunda quincena del mes de noviembre, se recolectó el material vegetal de las cuatro especies de plantas evaluadas, provenientes de la superficie experimental de campo, se emplearon hojas maduras para la determinación de las sustancias presentes.

La toma de muestra de suelo se realizó a los 15 días de colocados los residuos dentro del sistema integrado de cultivo de frijol teniendo en cuenta su forma de empleo (incorporado o como cobertura) y una muestra fue tomada antes de comenzada la siembra utilizada como patrón (Tabla 1).

Tabla 2. Variantes experimentales de las muestras de suelos

<b>Muestras</b>	<b>Variantes</b>
<b>T<sub>0</sub></b>	Antes de comenzar el experimento
<b>B<sub>c</sub></b>	Suelo con residuo de boniato como cobertura
<b>B<sub>i</sub></b>	Suelo con residuo de boniato empleado incorporado
<b>F<sub>c</sub></b>	Suelo con residuo de frijol común como cobertura
<b>F<sub>i</sub></b>	Suelo con residuo de frijol común incorporado
<b>G<sub>c</sub></b>	Suelo con residuo de girasol empleado como cobertura
<b>G<sub>i</sub></b>	Suelo con residuo de girasol incorporado
<b>M<sub>c</sub></b>	Suelo con residuo de maíz como cobertura
<b>M<sub>i</sub></b>	Suelo con residuo de maíz incorporado

### **III.3.1 Identificación de los principales grupos fitoquímicos presentes en los residuos vegetales y en las muestras de suelo**

En el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, se analizaron las muestras vegetales de los cuatro cultivos y los suelos, para la determinación fitoquímica primaria de los principales grupos de compuestos orgánicos a través del método descrito por Rondina y Coussio (1969) , basado en el fraccionamiento de un extracto metanólico inicial de las partes de la planta y los suelos evaluados, para lo cual se procedió a la extracción de 10 g de muestras con 200 mL de metanol, por maceración mecánica durante 48 horas, posteriormente se procedió a su reflujo por 8 horas. De este extracto se toma una alícuota de 5 mL para realizar reacciones de coloración (fracción A) y el resto fue llevado a sequedad en el rotoevaporador a 70°C.

Luego se procedió a la extracción de las diferentes fracciones obtenidas sobre las cuales se realizan las reacciones de coloración y/o precipitación con diferentes agentes cromóforos específicos o selectivos para los siguientes grupos funcionales: grupos aminos primarios y secundarios, fenoles, taninos, triterpenos y esteroides, antraquinonas, glicósidos cardiotónicos, alcaloides, flavonoides, leucoantocianidinas, saponinas, lactonas sesquiterpénicas y cumarinas (Anexo 1).

Para la descripción de los ensayos se utilizó el sistema de cruces para especificar la presencia o ausencia de los metabolitos en los tratamientos según lo descrito en la metodología de Rondina y Coussio (1969). En todos los análisis se siguieron los criterios que se muestran a continuación:

- ❖ Presencia cuantiosa +++
- ❖ Presencia notable ++
- ❖ Presencia leve +
- ❖ Presencia muy escasa ~
- ❖ No detectado -
- ❖ Altura de la espuma (mm) para saponinas:
  - Contenido abundante >14
  - Contenido moderado 10-14
  - Contenido bajo <10

### **III.3.2 Identificación de los principales grupos fitoquímicos presentes en los extractos obtenidos con disolventes de diferente polaridad.**

Se masaron 50 g de material fresco de cada residuo, conservado en refrigeración (-15<sup>0</sup>C) de las cuatro muestras de los cultivos estudiados. Con 300 mL de disolventes de diferente polaridad (polaridad creciente) y con 150 mL de agua.

Las extracciones fueron en el siguiente orden:

- n-Hexano/éter de petróleo
- Acetato de etilo
- Metanol
- Agua

Las extracciones con los diferentes solventes se realizó en el equipo Soxhlet, según la metodología de Hui *et al.*,( 2010) mediante extracción sólido-líquido con el fin de obtener familias particulares de compuestos (fracciones) cuya actividad biológica será probada en ensayos biológicos.

Se procedió a la determinación de los principales grupos de compuestos orgánicos según su estructura y polaridad a través del método descrito por Rondina y Coussio (1969).

Posteriormente, los extractos de los diferentes disolventes orgánicos se rotoevaporaron a sequedad y se disolvieron en agua para su evaluación biológica.

### **III.3.3 Efecto de los extractos obtenidos en los disolventes de diferente polaridad sobre el frijol común**

Para la realización de la evaluación del efecto de los extractos obtenidos en los disolventes de diferente polaridad se desarrollaron cuatro experimentos referidos a: extractos de los residuos de boniato cv. 'Cemsa 78-354' frijol común cv. 'Tomeguín 93-N', girasol cv. 'Cuba –Sol' y maíz cv. 'Francisco' conformados por la resultante de las extracciones de los principales grupos de familias fitoquímicas encontrados en los extractos vegetales con disolventes de diferente polaridad y el testigo.

Los tratamientos objeto de estudio fueron las combinaciones de los referidos extractos de disolventes de diferente polaridad y el testigo:

1. Control con agua

2. Metabolitos extraídos en hexano
3. Metabolitos extraídos en acetato de etilo
4. Metabolitos extraídos en metanol
5. Metabolitos extraídos en agua
6. Mezcla de todos los metabolitos ( a igual proporción)

Fueron depositadas 10 semillas de frijol común (*P. vulgaris*), cv. 'Tomeguín 93-N' (100% de germinación) y se procedió conforme a lo descrito en el acápite III. 1.2.

El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado seis tratamientos y cuatro repeticiones.

Las observaciones y/o determinaciones comenzaron cuando el 75% de los testigos estuvieron germinados, siendo las siguientes:

	<b>Etapas</b>
1. Germinabilidad (%)	V <sub>0</sub>
2. Supervivencia de las plantas (% de reducción)	V <sub>2</sub>
3. Longitud del tallo (cm)	V <sub>2</sub>

### **Análisis Estadístico.**

En los experimentos en condiciones de campo fueron realizados los análisis de varianza de clasificación doble y en los de laboratorio análisis de varianza de clasificación simple. Para realizar análisis de varianza de las variables discontinuas los datos fueron transformados con la expresión  $y = \sqrt{x}$ , los valores obtenidos en porcentajes cumplían con la distribución normal

(Kolmogorov- Smirnov) y la homogeneidad de varianza (Bartlett) (Cochran y Cox, 1990).

Para determinar las diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey para  $p \leq 0,05$  (Lerch, 1977) y para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics 5.1.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

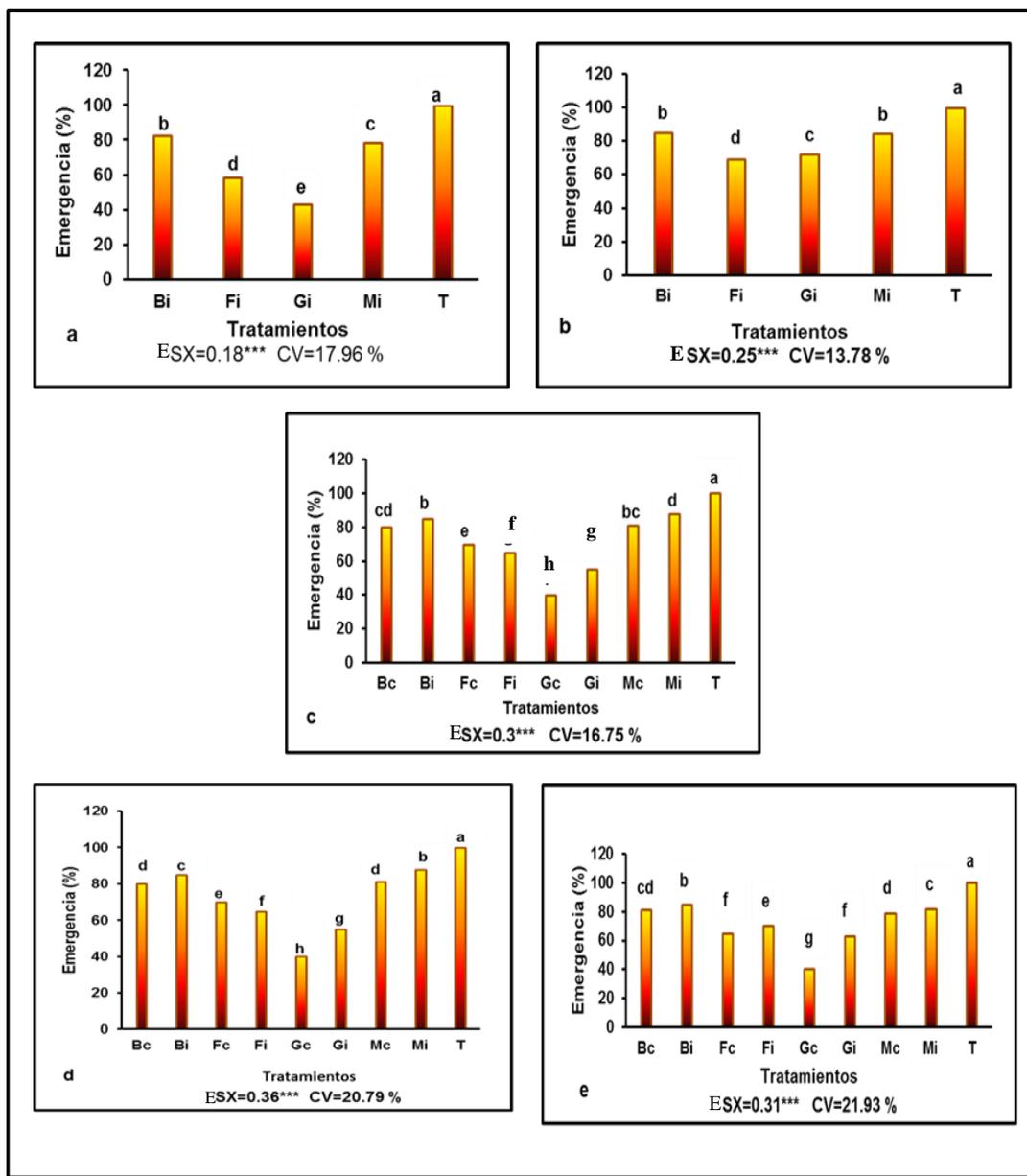
### **IV.1 Efecto de los residuos de cosecha en condiciones de campo**

- **Emergencia de las plantas (%). Etapa V<sub>1</sub>**

Los porcentajes de emergencia de las plantas aparecen reflejados en la figura 2 coincidentemente, en todos los años y variantes estudiadas el testigo alcanzó los mayores valores difiriendo significativamente del resto de los tratamientos, destacándose los residuos de girasol y frijol, ya sean incorporados o en cobertura, con el mayor efecto detrimental en la emergencia de las plantas.

En la siembra correspondiente al año 2010 (figura 2 incisos d y e) el efecto de los diferentes residuos incorporado y en cobertura sobre el cv 'CC 25-9 N' marca patrones de reducciones similares al cv 'Tomeguín 93-N'. En ambos cultivares los menores porcentajes de la emergencia de las plantas de frijol se evidenciaron cuando las semillas de frijol crecieron sobre los residuos de girasol y frijol ya sea incorporado o en cobertura.

Al relacionar estos resultados con los datos climatológicos, en las siembras realizadas en los diferentes años en estudio; en dicha etapa las temperaturas y la Humedad Relativa del aire, se mantuvieron en rangos favorables, mientras que las precipitaciones fueron pocas, por lo que se complementó con riego siempre que fue necesario. En tal sentido Faure (2013), informó rangos de temperatura óptima de 22 – 25°C, con valores de 10°C como mínima y de 27°C como máxima para el desarrollo del frijol común.



Letras iguales no difieren para  $p \leq 0.05$  según Tukey en cada año.

**Simbología:** Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, ESX: error estándar, CV: coeficiente de variación.

Figura 2. Porcentaje de emergencia de las plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en los años (2007-a; 2008-b; 2009-c; 2010-d cv. 'Tomeguin 93-N' y 2010-e cv. 'CC-25-9N'(n=80)

Por consiguiente los resultados obtenidos en esta etapa no están relacionadas al efecto del clima en los cultivares estudiados, sino pudiera ser atribuible al efecto de los residuos en sus diferentes formas de empleo (incorporado o en cobertura) sobre estos cultivares.

Al comparar las plantas de frijol común que crecieron sin la presencia de residuos de cosecha con los demás tratamientos en las mismas condiciones edafoclimáticas se observó que estas plantas se encontraban vigorosas lo que corrobora el efecto perjudicial de los residuos empleados en los diferentes cultivares (Anexo 2).

Es significativo que los residuos incorporados y en cobertura ocasionaron un efecto más severo, lo que supone que una rápida preparación de suelos con siembra inmediata de frijol común cv. 'Tomeguín 93-N' sobre residuos de frijol, girasol, boniato y maíz, provocaría reducciones en la emergencia de las plantas producto de la descomposición de los mismos, lo que se corresponde con lo informado por Ferreira y Águila (2000); Gliessman (2009) y Arévalo (2011), al afirmar que los residuos de plantas que permanezcan en el suelo, ya sean en la superficie (cobertura) o incorporados con la preparación mecánica del suelo, tienen más influencia que los efectos de plantas vivas sobre plantas cultivadas.

El mayor o menor efecto del residuo se condiciona a tres elementos fundamentales que según Bowen (1991) y Gomes *et al.*, (2008) comprenden: la concentración a que pueda presentarse la sustancia activa, la existencia de una planta donante y otra receptora y el tiempo en que esa sustancia esté en el suelo y pueda ser absorbida por la planta. En tal sentido, Crovetto (2002) señaló

que la cantidad de residuos que provocan efecto alelopático negativo no deben de exceder de  $3 \text{ t.ha}^{-1}$  en los cultivos de maíz y girasol; sin embargo, dada las condiciones climáticas de Cuba, las fechas de siembras, las especies vegetales y las densidades de siembras utilizadas en estos cultivos, lo mínimo que estos residuos de cosecha dejan sobre el suelo es de  $0,3 \text{ kg.m}^{-2}$  ( $3 \text{ t.ha}^{-1}$ ); que en esta investigación evidencian efecto alelopático negativo.

De acuerdo a lo anterior se considera que en las prácticas agrícolas se hace indispensable el cumplimiento de la adecuada relación entre el tipo de residuo-preparación de suelo – densidad de siembra y cultivares empleados, fundamentalmente cuando estas siembras son continuadas de frijol común sobre sus propios residuos que evidencian su carácter autotóxico informado por numerosos autores (Almeida, 1987; Blanco *et al.*, 2007; Méndez *et al.*, 2006) cuestión que deberá ser muy atendida en la actualidad ante la presencia de nuevos actores en la agricultura cubana a partir de los decretos y leyes establecidos para este sector.

### **Aparición de las etapas en la fase vegetativa**

La aparición de las diferentes etapas en la fase vegetativa ( $V_2 - V_4$ ) se muestran en la tabla 2 para los dos cultivares en estudio.

Los residuos de cosecha en la etapa  $V_1$  no mostraron diferencias significativa en los cultivares estudiados; esto puede estar relacionado a que en esta etapa de emergencia las plantas de frijol común se alimentan fundamentalmente de las reservas nutritivas presentes en la semilla, estas no presentan un sistema radical que permita absorber estas sustancias del suelo.

En las etapas V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> y V<sub>4</sub> el desarrollo de su sistema radical le posibilita a las plantas una mayor absorción de los compuestos liberados por los residuos y provocar una respuesta en esta etapa.

Como se aprecia en la tabla 3 en el cv. 'Tomeguín 93-N' existen diferencias significativas entre los tratamientos, solo en la etapa V<sub>4</sub> los tratamientos de maíz incorporado y en cobertura y boniato en cobertura no difirió del testigo; atribuible a la lenta descomposición de los tejidos de los residuos de maíz y a la débil acción de los compuestos químicos presentes en estos residuos sobre las plantas de frijol común.

Tabla 3. Aparición de etapas V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> y V<sub>4</sub> expresadas en días después de la siembra (DDS) en los en los cultivares 'Tomeguín 93-N' y 'CC 25-9N' (n=80).

Cultivares (DDS)												
Residuos	'Tomeguín 93-N'						'CC 25-9N'					
	V2		V3		V4		V2		V3		V4	
	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT
Bc	13,4	3,67 <sup>b</sup>	17,6	4,20 <sup>e</sup>	26,8	5,18 <sup>bc</sup>	12,6	3,56 <sup>abc</sup>	16,9	4,12 <sup>c</sup>	28,1	5,31 <sup>b</sup>
Bi	13,9	3,74 <sup>b</sup>	17,7	4,21 <sup>e</sup>	29,1	5,40 <sup>b</sup>	12,9	3,60 <sup>ab</sup>	17,2	4,15 <sup>c</sup>	28,6	5,35 <sup>b</sup>
Fc	17,4	4,18 <sup>a</sup>	23,6	4,86 <sup>b</sup>	35,8	5,99 <sup>a</sup>	12,9	3,60 <sup>ab</sup>	19,6	4,43 <sup>b</sup>	33,1	5,76 <sup>a</sup>
Fi	17,1	4,14 <sup>a</sup>	22,8	4,71 <sup>b</sup>	37,2	6,10 <sup>a</sup>	13,6	3,70 <sup>a</sup>	19,7	4,44 <sup>b</sup>	33,6	5,80 <sup>a</sup>
Gc	17,2	4,15 <sup>a</sup>	22,6	4,76 <sup>c</sup>	38,6	6,22 <sup>a</sup>	13,6	3,70 <sup>a</sup>	21,7	4,66 <sup>a</sup>	33,6	5,80 <sup>a</sup>
Gi	18	4,24 <sup>a</sup>	24,7	4,97 <sup>a</sup>	37,4	6,12 <sup>a</sup>	13,6	3,70 <sup>a</sup>	21,9	4,68 <sup>a</sup>	34,5	5,86 <sup>a</sup>
Mc	12,9	3,60 <sup>b</sup>	17,6	4,20 <sup>e</sup>	27,4	5,24 <sup>bc</sup>	11,9	3,46 <sup>bcd</sup>	16,7	4,09 <sup>c</sup>	27,8	5,28 <sup>b</sup>
Mi	13,1	3,63 <sup>b</sup>	17,7	4,21 <sup>e</sup>	28,4	5,33 <sup>bc</sup>	11,6	3,42 <sup>cd</sup>	16,6	4,08 <sup>c</sup>	27,6	5,26 <sup>b</sup>
T	11,1	3,34 <sup>c</sup>	16,2	4,03 <sup>f</sup>	26,1	5,11 <sup>c</sup>	11,1	3,34 <sup>d</sup>	16,4	4,06 <sup>c</sup>	27,3	5,23 <sup>b</sup>
Sx		0,03 <sup>xxx</sup>		0,03 <sup>xxx</sup>		0,04 <sup>xxx</sup>		0,03 <sup>xxx</sup>		0,04 <sup>xxx</sup>		0,03 <sup>xxx</sup>
CV (%)		8,25		7,26		7,94		4,01		5,97		4,89

Letras iguales, en cada columna, no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$ , según Tukey

**Simbología:** Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, ESX: error estándar, CV: coeficiente de variación, DDS: días después de la siembra, DST: datos sin transformar, DT datos transformados.

Es destacable el efecto que causan los residuos de frijol y girasol ya sea incorporado o en cobertura al comparar las medias obtenidas con el testigo, los cuales retardan la aparición de las etapas entre 6 - 7 días para la etapa V<sub>2</sub>, 7 días para la etapa V<sub>3</sub> y 10 – 11 días para la etapa V<sub>4</sub> respectivamente.

En el cv. 'CC 25-9N', todos los tratamientos en la etapa V<sub>2</sub>, difieren del testigo excepto los residuos de maíz ya sea incorporado o en cobertura; a diferencia de la etapa V<sub>3</sub> y V<sub>4</sub> que los residuos que no arrojaron diferencias significativas cuando se les compara con el testigo fueron los tratamientos de boniato y maíz ya sean incorporados o en cobertura.

Los residuos de frijol y girasol incorporados o en cobertura al compararlo con el testigo mostraron las mayores medias en la elongación de las etapas estudiadas (2 días en la etapa V<sub>2</sub>), 3 - 5 días en la etapa V<sub>3</sub> y 6 días en la etapa V<sub>4</sub>; por lo tanto este cultivar alcanza las diferentes etapas en menor número de días a diferencia del cultivar 'Tomeguín 93 – N' que se comporta con mayor sensibilidad ante la presencia de los residuos ya sean incorporado o en cobertura; acorde a lo planteado por Samprieto 2004, no todos los cultivares de una misma especie vegetal se expresan idénticos.

El comportamiento del cv. 'Tomeguín 93 – N', se relaciona con el hábito de crecimiento indeterminado de tipo II, las sustancias segregadas por estos residuos actúan con mayor acción en las hormonas responsables del crecimiento que de alguna manera influyen negativamente en la precocidad como factor determinante en la duración de las etapas.

Al parecer existe una relación directa entre los ritmos de crecimiento de los cultivares estudiados tipos II (arbustivo) y III (postrado) inciden en los mecanismos fisiológicos responsable de esta acción.

Es notable en ambos cultivares el efecto que causan los residuos de mayor acción alelopática en el período inter – etapas cuando se les compara con el testigo, por lo que se infiere que en el sistema integrado de cultivo de frijol común los residuos tanto de girasol y frijol incorporado o en cobertura, alargan el período de aparición de las diferentes etapas y por ende el ciclo de vida útil, lo que implica potenciales riesgos tanto para la aparición de plagas como afectaciones por fenómenos climáticos y al mismo tiempo un alargamiento del ciclo total, con la correspondiente vulnerabilidad; por lo tanto un inadecuado manejo en el sistema integrado repercute en el sistema en sí.

Al comparar estos resultados con lo informado por Faure *et al.*, (2013) los cultivares ‘Tomeguín 93 – N’ y ‘CC 25 – 9N’ alcanzan la floración a los 43 y 47 días y la madurez fisiológica entre los 80 y 86 días; por tanto el mayor retraso encontrado en la fase vegetativa en los residuos de girasol y frijol repercutirá proporcionalmente en la fase reproductiva tanto en la floración como en la madurez fisiológica alcanzándose a los 56 y 54 días y alrededor de los 93 días en esta última en ambos cultivares; lo que evidencia el retraso y alargamiento del ciclo de vida útil de los cultivares de frijol que causan dichos residuos.

Igual estaría, sucediendo en el cultivo del arroz donde se encontró que el efecto residual puede diferir entre cultivares alelopáticos, lo que sugiere que más de un aleloquímico esté involucrado y tendría persistencia en los suelos. El

entendimiento de estos efectos residuales incluyendo la autotoxicidad es importante en el planteamiento de los ciclos o sistema de cultivo y las estrategias de manejo de cultivo para incrementar o disminuir los efectos residuales que necesiten ser identificados (Phen *et al.*, 2012).

- **Longitud del tallo (cm)**

La longitud del tallo (cm) en la fase vegetativa (etapa  $V_3$  y  $V_4$ ) no mostró diferencias significativas en las etapas  $V_3$  y  $V_4$  en los diferentes tratamientos en ninguno de los años y cultivares estudiados.

La fase vegetativa se caracteriza en el frijol común por un mayor y rápido crecimiento que se incrementa con el hábito de crecimiento indeterminado de estos cultivares, que no es inhibida ni estimulada directamente por la presencia de estos residuos; indicativo que la hormona responsable de este fenómeno (auxina) pudiera tener más de un sitio de acción acorde a lo informado por (Vásquez y Torres 2006) y de esta manera evada el efecto de las sustancias liberadas por los residuos.

**Tabla 4.** Longitud del tallo (cm) en la fase reproductiva (etapa R5 y R6) en los diferentes años y en los cultivares 'Tomeguín 93- N' y 'CC 25 – 9 N'. (n=80).

Cultivar	Año	Tratamientos	Etapas	
			R5	R6
Tomeguín 93- N	2007	Bi	35,75 <sup>b</sup>	37,70 <sup>b</sup>
		Fi	34,75 <sup>b</sup>	36,87 <sup>b</sup>
		Gi	34,15 <sup>d</sup>	36,25 <sup>d</sup>
		Mi	35,75 <sup>b</sup>	37,70 <sup>b</sup>
		T	38,13 <sup>a</sup>	40,32 <sup>a</sup>
		ESx	0,51 <sup>xxx</sup>	0,48 <sup>xxx</sup>
		Cv (%)	4,67	4,40
	2008	Bi	36,94 <sup>b</sup>	39,06 <sup>a</sup>
		Fi	34,52 <sup>c</sup>	36,75 <sup>b</sup>
		Gi	34,12 <sup>c</sup>	36,15 <sup>b</sup>
		Mi	37,57 <sup>ab</sup>	39,25 <sup>a</sup>
		T	38,25 <sup>a</sup>	40,82 <sup>a</sup>
		ESx	0,21 <sup>xxx</sup>	0,51 <sup>xxx</sup>
		Cv (%)	4,80	5,27
	2009	Bc	38,72 <sup>ab</sup>	40,20 <sup>abc</sup>
		Bi	37,22 <sup>bcd</sup>	39,05 <sup>abcd</sup>
		Fc	34,87 <sup>de</sup>	37,12 <sup>cd</sup>
		Fi	35,92 <sup>cde</sup>	38,20 <sup>bcd</sup>
		Gc	34,02 <sup>e</sup>	36,75 <sup>cd</sup>
		Gi	34,50 <sup>de</sup>	36,25 <sup>abc</sup>
		Mc	39,16 <sup>ab</sup>	40,25 <sup>ab</sup>
		Mi	38,27 <sup>abc</sup>	41,65 <sup>b</sup>
		T	40,62 <sup>a</sup>	42,82 <sup>a</sup>
		ESx	0,57 <sup>xxx</sup>	0,79 <sup>xxx</sup>
	Cv (%)	6,59	6,59	
	2010	Bc	36,80 <sup>abc</sup>	38,55 <sup>bc</sup>
		Bi	38,40 <sup>ab</sup>	39,87 <sup>b</sup>
		Fc	34,47 <sup>cde</sup>	34,85 <sup>ef</sup>
		Fi	33,50 <sup>de</sup>	34,67 <sup>f</sup>
		Gc	32,80 <sup>e</sup>	34,27 <sup>f</sup>
		Gi	33,07 <sup>de</sup>	34,27 <sup>f</sup>
		Mc	35,55 <sup>cde</sup>	36,65 <sup>de</sup>
		Mi	35,75 <sup>bcd</sup>	36,82 <sup>cd</sup>
T		39,45 <sup>a</sup>	42,27 <sup>a</sup>	
ESx		0,59 <sup>xxx</sup>	0,38 <sup>xxx</sup>	
Cv (%)	6,95	7,52		
CC 25-9N	2010	Bc	23,22 <sup>bc</sup>	25,05 <sup>cd</sup>
		Bi	25,32 <sup>ab</sup>	26,90 <sup>abc</sup>
		Fc	20,77 <sup>c</sup>	23,57 <sup>d</sup>
		Fi	23,47 <sup>bc</sup>	25,65 <sup>bcd</sup>
		Gc	22,32 <sup>bc</sup>	23,82 <sup>cd</sup>
		Gi	22,37 <sup>bc</sup>	24,07 <sup>cd</sup>
		Mc	24,85 <sup>c</sup>	26,67 <sup>bcd</sup>
		Mi	26,90 <sup>b</sup>	28,45 <sup>ab</sup>
		T	27,97 <sup>a</sup>	30,00 <sup>a</sup>
		ESx	0,66 <sup>xxx</sup>	0,68 <sup>xxx</sup>
Cv (%)	10,41	9,29		

Letras iguales no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Tuckey en cada columna

**Simbología:** Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, ESx: error estándar, CV: coeficiente de variación.

Al relacionar la respuesta de las plantas en la fase reproductiva (etapas R5 y R6) donde los ritmos de crecimientos son más lentos; se pudiera atribuir la acción indirecta sobre la hormona a través de la síntesis de otros compuestos que son los responsables de la respuesta diferenciada en esta fase (tabla 4).

Como se aprecia en la (Tabla 4), en el año 2007, el testigo difirió significativamente del resto de los tratamientos tanto para la etapa R5 como para la R6 en el cv 'Tomeguín 93- N'.

Sin embargo, en el año 2008 el testigo difirió del resto de los tratamientos excepto de los residuos de maíz incorporado en la etapa R5 y R6 y el boniato incorporado en esta última etapa.

Similar comportamiento se obtuvo en el año 2009, el testigo no difirió de los residuos de maíz incorporado, en cobertura y boniato en cobertura en la etapa R5. En la etapa R6, además de los residuos mencionados se incluye el boniato incorporado.

En este mismo cultivar en el año 2010 el testigo difirió significativamente de los tratamientos en la etapa R5 y R6; excepto los residuos de boniato incorporado y en cobertura en la etapa R5.

Tendencias similares se mostraron en el cv. 'CC 25-9N', en ambas etapas el testigo difirió del resto de los tratamientos excepto los residuos de maíz incorporado y boniato incorporado en la etapa R6; además de los de maíz en cobertura en la etapa R5.

Este comportamiento pudiera ser atribuible a la naturaleza y composición química de estos residuos que en otras investigaciones confirman el potencial alelopático de los residuos de boniato al considerar lo informado por Torres *et al.*, (2003) en relación al efecto inhibitorio de restos de harina de boniato incorporada sobre el crecimiento del frijol común y lo expresado con anterioridad por Harrison *et al.*, (1986) en especies hortícolas donde demostraron que el cultivo de boniato presenta efectos estimuladores en el crecimiento del tallo de la cebolla (*Allium cepa* L.) y el tomate (*Solanum lycopersicum* L.); por lo tanto es una respuesta dependiente de su concentración.

Es de destacar que para todos los años y cultivares estudiados los residuos de frijol y girasol ya sea incorporado o como en cobertura provocaron las mayores disminuciones en las longitudes difiriendo significativamente del resto de los tratamientos; solamente en el año 2007, estadísticamente tanto en la etapa R5 como en la R6 los residuos no difirieron significativamente entre sí, pero mostraron los menores valores.

Lo anterior se podría asociar a la presencia de compuestos fenólicos en estos residuos que según lo informado por Ricki *et al.*, (2011) son los responsables de la reducción de absorción de micro y macronutrientes en diversas especies y provocan disturbios que afectan las hormonas responsables del crecimiento como los ácidos giberélico e indolacético.

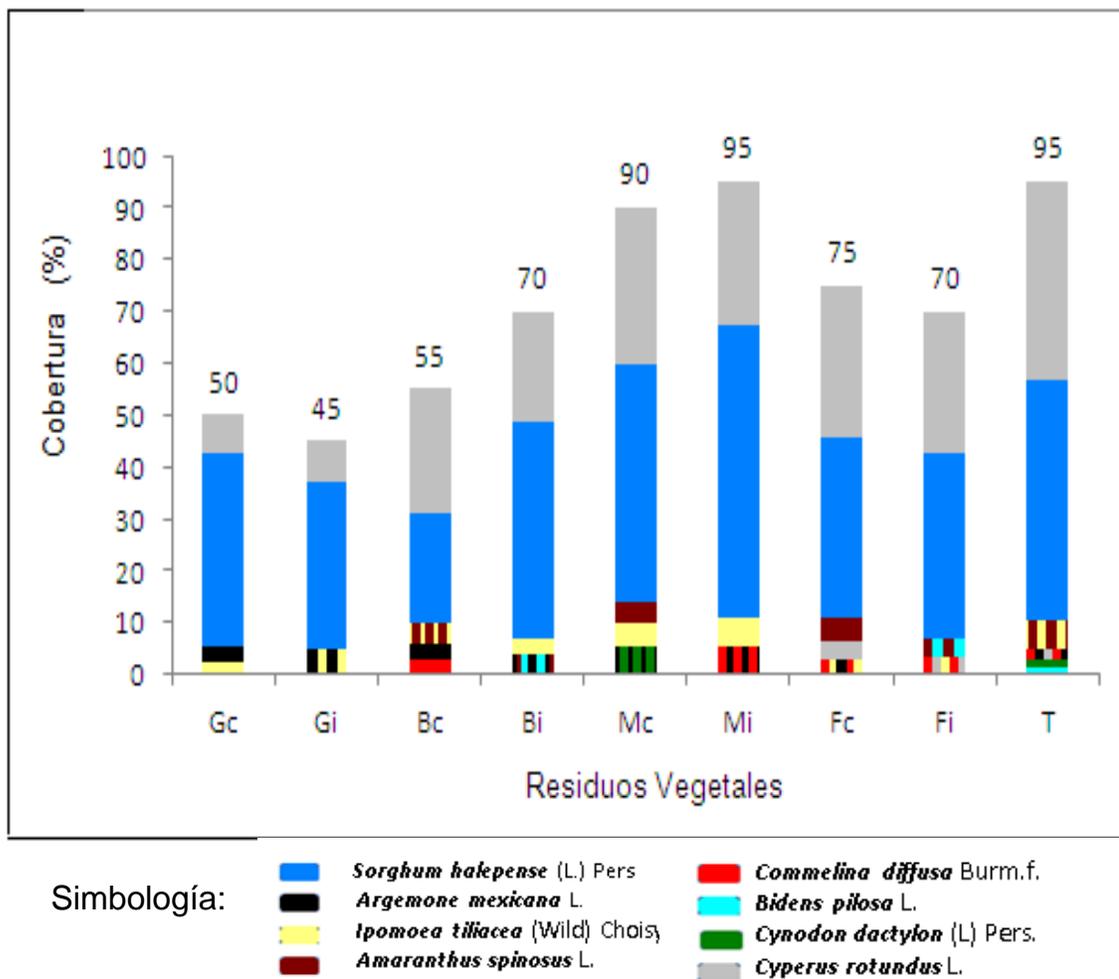
En cuanto a los residuos de girasol incorporado, son similares a los obtenidos por Bashir *et al.*, (2012) sobre el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), reducen su crecimiento, lo que confirma el carácter alelopático.

### **Enmalezamiento**

En los Sistemas Integrado de Cultivos y particularmente en el frijol común, sería prácticamente imposible establecer una práctica económicamente viable y ecológicamente correcta, sin la integración de los métodos de manejo de plantas arvenses que depende en alguna medida de la presencia de los residuos vegetales dejados sobre el suelo de la cosecha anterior.

Los resultados obtenidos en los muestreos de plantas arvenses presentes en los diferentes años en estudio, conllevaron a la realización del inventario – resumen en el que se refleja el porcentaje de cobertura (Figura 3) y la diversidad de estas plantas arvenses durante estos años (Tabla 5).

Los efectos de los diferentes tratamientos sobre el porcentaje de cobertura de las plantas arvenses expresados en la figura 3 constatan que en las variantes con los residuos de girasol, ya sea incorporados o de cobertura, así como los residuos de boniato en cobertura produjeron, una marcada disminución de las plantas arvenses, alcanzando los menores porcentajes de cobertura; a diferencia de los residuos de frijol en sus dos variantes y boniato incorporado, que los niveles de enmalezamiento estuvieron alrededor de 20 puntos porcentuales por debajo del testigo (95 % de cobertura general) y en las dos variantes con maíz, que fueron similares al mismo.



Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo.

Figura 3. Cobertura (%) de las diferentes especies presentes en los distintos años y cultivares de estudio

Estos resultados pueden estar relacionados a fenómenos similares a los informados por Chou y Boo (2005) quienes encontraron un efecto inhibitorio del extracto de partes de boniato sobre el crecimiento radicular de alfalfa (*Medicago sativa* L.); las mismas sustancias pueden haberse liberado en el

agroecosistema y limitar el enmalezamiento, provocando niveles inferiores de cobertura.

Es de considerar además, lo señalado por Hernández (2007), que refieren en la cobertura de este residuo otros factores entre ellos: la barrera física que ocasiona la misma en la intercepción de la luz que regula *A. dubius*

En el caso del girasol diversos autores han publicado resultados que refieren provocar un efecto alelopático inhibitorio sobre varias especies vegetales, tanto cultivos como vegetación espontánea, por ejemplo, lo informado por Puentes *et al.*, (2006) que encontraron sensibilidad en las especies de cebolleta (*Cyperus rotundus* L.), hierba lechosa (*Euphorbia heterophylla* L.) y el bleado (*Amaranthus dubius* Mort.) ante la extracción acuosa de girasol al 10%, que demostraron la existencia de sustancias aleloquímicas en estos residuos actuando sobre estas plantas receptoras que combinados con la falta de luz y otros efectos inciden en la emergencia de las plántulas de malezas y pueden ser la causa de su efecto. Dicho fenómeno puede haber ocurrido de forma similar en los experimentos, donde dos de dichas especies, del mismo género, estuvieron presentes.

Se deduce que la germinación y emergencia de las plantas arvenses fundamentalmente en el período crítico del cultivo de frijol común puede depender, entre otros factores del cultivo precedente y sus residuos, ya sea incorporado o en cobertura. En este sentido, Arévalo *et al.*, (2011) refieren que los cultivos de coberturas que se utilizan en agricultura sostenible para manejar arvenses están basados principalmente en la alelopatía.

La diversidad de especies se muestra en la tabla 4, las cuales están entre las informadas por Labrada (1987); Faure *et al.*, (2013); Rodríguez *et al.*, (2013) siendo típicas para este cultivo.

Como se aprecia (Tabla 5) fueron encontradas un total de ocho especies pertenecientes a siete familias, dos de la clase Liliopsida y el resto de la clase Magnoliopsida. De ellas, la mayoría son especies anuales pero tres de las perennes (*S. halepense*, *C. rotundus* y *C. dactylon*) son consideradas las más problemáticas en la agricultura por su fácil propagación y difícil control.

Tabla 5. Diversidad de especies vegetales en los distintos tratamientos en los diferentes años y cultivares.

Arvenses	Tratamiento								
Nombre científico	Bc	Bi	Fc	Fi	Gc	Gi	Mc	Mi	T
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cyperus rotundus</i> L.	X	X	X	X			X	X	X
<i>Bidens pilosa</i> L.	X		X	X					X
<i>Amaranthus spinosus</i> L.		X	X	X			X	X	X
<i>Commelina diffusa</i> L.		X	X	X				X	X
<i>Ipomoea tiliacea</i> (Wild) Choisy	X		X	X	X	X	X		X
<i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.	X		X	X					X
<i>Argemone mexicana</i> L.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>8</b>

**Simbología:** Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, X: presencia de arvenses.

Es de señalar, que los residuos de frijol incorporados y de cobertura permiten la mayor diversidad de plantas arvenses, iguales que en el testigo; atribuible a

lo planteado por Leyva (2007) al considerar la baja relación C:N de estos residuos que facilita una tasa de descomposición más rápida que impiden la durabilidad de los mismos para mitigar procesos de erosión hídrica o eólica en los residuos en cobertura que influirá en el control de las arvenses.

Se confirma la alta fitotoxicidad que presentan los residuos de girasol, regulando el 63% del total de las especies presentes fundamentalmente a *C. rotundus* que en los momentos actuales es de difícil control y de una fácil propagación; por lo tanto pudiera ser una estrategia de manejo o de regulación de dicha arvense.

De provocar estos residuos afectaciones en el rendimiento en este cultivar, entonces se debe combinar el manejo de los rastrojos con otras alternativas para el control de esta arvense, que permita reducir el uso de herbicidas pre-emergentes aplicados en la estrategia fitosanitaria en el cv. 'Tomeguín 93 – N'.

La diversidad de especie en el período crítico de interferencia para las arvenses en el cv. 'Tomeguín 93 – N'; se comportó coincidente a lo obtenido por Blanco y Leyva (2011) en el cv 'CC 25-9N' al informar altos porcentajes de *C. rotundus*, *S. halepense* y *C. diffusa*, lo que demuestra que estas especies, entre otras, son típicas en el cultivo del frijol común, aunque se pudiera variar la composición florística, teniendo en cuenta no solo las condiciones climáticas existentes y el sistema de preparación de suelo utilizada, sino también el cultivo precedente y la cantidad de residuo que se deja en el suelo que pueda ser incorporado o dejado en cobertura para impedir el desarrollo de las arvenses, a partir de la liberación de aleloquímicos al medio.

Lo anterior permite sugerir elementos similares a los planteados por Weith *et al.*, (2008) de que en futuras investigaciones se necesita promover la integración ecológica en la agricultura y conocer sus interacciones con el ambiente para obtener productividad sostenible durante largo tiempo, estudiar estrategias de mejoramiento de plantas en los sistemas agrícolas, utilizar la actividad de cultivos alelopáticos para controlar plagas e integrar tecnologías de producción sostenibles de cultivos compatibles con el ambiente.

Por tanto, en los Sistemas Integrados de Cultivos, los sistemas de rotación de cultivo ya sean en asociaciones o en uso de sus residuos, deben ser programados de manera que interrumpen el ciclo biológico de las plantas dañinas más comunes en una determinada superficie.

### **Componentes del Rendimiento**

- **Legumbres / planta**

En el componente legumbres / planta se observa diferencias significativas entre el testigo y el resto de los tratamientos (Tabla 6).

En las siembras realizadas en el año 2007 y 2008 los residuos de girasol incorporado arrojaron los menores valores, difiriendo significativamente del resto de los tratamientos, seguidos de los de frijol y boniato incorporado; mientras que, en el 2009 lo ocasionaron los residuos de girasol en cobertura seguido de esta variante incorporado sin diferencias significativas entre ellos y difiriendo del resto de los tratamientos.

**Tabla 6.** Legumbres/ planta en los diferentes años (2007; 2008; 2009; 2010 cv. Tomeguín 93 –N) y 2010 cv 'CC 25 – 9N' (n=40).

<b>Cultivar `Tomeguín 93-N`.</b>				
<b>Residuos</b>	<b>2007</b>		<b>2008</b>	
	$\bar{X}$	D.transformados	$\bar{X}$	D.transformados
Bi	17,35	4,16 <sup>c</sup>	15,90	3,98 <sup>c</sup>
Fi	16,95	4,11 <sup>c</sup>	15,32	3,90 <sup>c</sup>
Gi	15,77	3,96 <sup>d</sup>	13,90	3,72 <sup>d</sup>
Mi	18,47	4,29 <sup>b</sup>	17,45	4,17 <sup>a</sup>
T	21,20	4,60 <sup>a</sup>	21,67	4,65 <sup>a</sup>
ESx		0,018 <sup>xxx</sup>		0,04 <sup>xxx</sup>
CV (%)		5,23		8,12
		<b>2009</b>	<b>2010</b>	
Bc	15,87	3,98 <sup>e</sup>	17,30	4,15 <sup>cd</sup>
Bi	15,25	3,90 <sup>f</sup>	17,45	4,17 <sup>cd</sup>
Fc	16,40	4,03 <sup>d</sup>	14,90	3,85 <sup>e</sup>
Fi	17,40	4,16 <sup>c</sup>	15,00	3,87 <sup>e</sup>
Gc	14,50	3,81 <sup>g</sup>	15,70	3,95 <sup>e</sup>
Gi	14,80	3,84 <sup>g</sup>	15,90	4,14 <sup>d</sup>
Mc	17,37	4,15 <sup>c</sup>	18,45	4,28 <sup>bc</sup>
Mi	18,85	4,33 <sup>b</sup>	18,85	4,33 <sup>b</sup>
T	21,15	4,59 <sup>a</sup>	21,20	4,60 <sup>a</sup>
ESx		0,10 <sup>xxx</sup>		0,02 <sup>xxx</sup>
CV(%)		12,08		5,64
<b>Cultivar `CC 25-9N`</b>				
<b>2010</b>				
Bc	17,30			4,15 <sup>cd</sup>
Bi	17,77			4,21 <sup>bc</sup>
Fc	14,80			3,84 <sup>f</sup>
Fi	15,30			3,90 <sup>ef</sup>
Gc	18,90			4,33 <sup>b</sup>
Gi	16,20			4,02 <sup>de</sup>
Mc	18,15			4,28 <sup>bc</sup>
Mi	18,45			4,28 <sup>bc</sup>
T	21,60			4,64 <sup>a</sup>
ESx				0,02 <sup>xxx</sup>
CV (%)				5,69

Letras iguales, en cada año no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Tukey

**Simbología:** Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, ESX: error estándar, CV: coeficiente de variación.

En las siembras del año 2010 en ambos cultivares, los residuos de frijol tanto en cobertura como incorporados mostraron los valores más bajos, al igual que

los residuos de girasol en cobertura en el cv. 'Tomeguín 93 – N', difirieron significativamente del resto de los tratamientos.

Estos resultados confirman lo planteado por Morales *et al.*, (2008) al evaluar numerosas leguminosas asociadas con girasol, quienes encontraron reducciones considerables en el número de legumbres /planta y la longitud de las legumbres.

MINAG (2009) y Faure *et al.*, (2013) han enunciado que en estos dos cultivares se registran valores entre 19 y 20 legumbres / planta, lo que indica que la adición de los residuos provocó un efecto negativo en este componente. Socorro y Martín (1995) relacionan la producción de granos entre otros factores a los días transcurridos entre la siembra a la floración; etapa que resultó retardada a partir de los resultados obtenidos en la fase vegetativa etapas (V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> y V<sub>4</sub>).

Es de señalar, el efecto de los residuos ya sean incorporado o en cobertura en este componente, como consecuencia de la elongación de la fase vegetativa y la acción combinada de las temperaturas y precipitaciones ocurridas durante el crecimiento que hayan provocado la caída de las flores y por tanto afectación en el número de legumbres/ planta.

### **Granos / legumbre**

Los resultados obtenidos relacionados con este componente se exponen en la tabla 7, donde se puede observar que en los diferentes años y cultivares en estudio se mostraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos cuando se les compara con el testigo.

Los residuos de girasol, frijol y boniato incorporados en el año 2007 y 2008 ocasionaron las menores medias en las plantas de frijol común cv. 'Tomeguín 93 -N', mientras que en el 2009 los residuos de girasol y frijol ya sea incorporado o en cobertura arrojaron los menores valores promedios.

**Tabla 7.** Granos/ legumbre en los diferentes años (2007; 2008; 2009; 2010 cv. 'Tomeguín 93 -N' y 2010 cv. 'CC 25 - 9N'(n=40).

<b>Cultivar 'Tomeguín 93-N'</b>				
<b>Residuos</b>	<b>2007</b>		<b>2008</b>	
	X	D.transformados	X	D.transformados
Bi	4,20	2,04 <sup>c</sup>	4,25	2,05 <sup>c</sup>
Fi	4,00	2,00 <sup>d</sup>	4,05	2,01 <sup>d</sup>
Gi	4,00	2,00 <sup>d</sup>	4,00	2,00 <sup>d</sup>
Mi	4,57	2,13 <sup>b</sup>	4,77	2,10 <sup>b</sup>
T	5,57	2,35 <sup>a</sup>	5,60	2,36 <sup>a</sup>
ESx		0,02 <sup>xxx</sup>		0,01 <sup>xxx</sup>
CV (%)		6,75		6,65
		<b>2009</b>	<b>2010</b>	
Bc	4,84	2,20 <sup>b</sup>	4,50	2,11 <sup>c</sup>
Bi	4,79	2,19 <sup>b</sup>	4,65	2,14 <sup>c</sup>
Fc	4,12	2,02 <sup>c</sup>	3,90	1,96 <sup>e</sup>
Fi	4,20	2,04 <sup>c</sup>	3,90	1,96 <sup>e</sup>
Gc	4,07	2,01 <sup>c</sup>	4,10	2,02 <sup>d</sup>
Gi	4,00	2,00 <sup>c</sup>	4,00	2,00 <sup>d</sup>
Mc	5,00	2,23 <sup>b</sup>	4,90	2,20 <sup>b</sup>
Mi	4,75	2,17 <sup>b</sup>	5,00	2,23 <sup>b</sup>
T	5,92	2,42 <sup>a</sup>	6,00	2,44 <sup>a</sup>
ESx		0,015 <sup>xxx</sup>		0,02 <sup>xxx</sup>
CV(%)		6,20		7,35
<b>Cultivar ' CC 25-9N'</b>				
<b>2010</b>				
Bc		4,05		2,01 <sup>cd</sup>
Bi		4,15		2,03 <sup>c</sup>
Fc		3,85		1,95 <sup>d</sup>
Fi		3,90		1,97 <sup>cd</sup>
Gc		4,90		2,21 <sup>b</sup>
Gi		4,05		2,01 <sup>cd</sup>
Mc		4,15		2,03 <sup>c</sup>
Mi		4,75		2,17 <sup>b</sup>
T		6,60		2,56 <sup>a</sup>
ESx				0,01
CV(%)				8,77

Letras iguales, en cada año no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$ . según Tukey

**Simbología:** Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, ESX: error estándar, CV: coeficiente de variación.

En el año 2010 en el cv. 'Tomeguín 93-N', los residuos de frijol común y girasol ya sean incorporado o en cobertura ocasionaron los valores más bajos difiriendo significativamente del resto de los tratamientos; mientras que en el cv 'CC 25-N' se encontraron en los de frijol incorporado y en cobertura sin diferir significativamente entre sí y difiriendo del resto de los tratamientos.

### **Granos / planta**

El componente Granos / planta se ilustra en la tabla 8, en la misma se denota que para todos los años y cultivares estudiados el testigo difirió significativamente del resto de los tratamientos.

En el año 2007, los residuos de girasol, frijol y boniato provocaron los mayores efectos negativos en este componente; al igual en el 2008 los de girasol y frijol ocasionaron las menores medias.

Los residuos de frijol en cobertura seguidos del incorporado y girasol incorporado y en cobertura provocaron los valores promedios más bajos en el año 2009.

**Tabla 8.** Granos/ plantas en los diferentes años (2007; 2008; 2009; 2010 cv. 'Tomeguín 93 -N' y 2010 cv. 'CC 25 - 9N'(n=40).

Cultivar `Tomeguín 93-N`.				
	2007		2008	
	X	D.transformados	X	D.transformados
Bi	72,77	8,52 <sup>c</sup>	72,97	8,54 <sup>b</sup>
Fi	67,50	8,21 <sup>cd</sup>	63,70	7,97 <sup>c</sup>
Gi	62,60	7,90 <sup>d</sup>	56,27	7,49 <sup>d</sup>
Mi	83,70	9,13 <sup>b</sup>	73,97	8,59 <sup>b</sup>
T	119,07	10,90 <sup>a</sup>	118,40	10,86 <sup>a</sup>
ESx		0,10 <sup>xxx</sup>		0,06
CV (%)		12,39		13,70
	2009		2010	
Bc	77,29	8,79 <sup>d</sup>	77,05	8,76 <sup>d</sup>
Bi	73,04	8,54 <sup>e</sup>	78,50	8,85 <sup>c</sup>
Fc	57,60	7,58 <sup>h</sup>	58,50	7,63 <sup>g</sup>
Fi	60,99	7,81 <sup>i</sup>	58,30	7,62 <sup>g</sup>
Gc	59,01	7,68 <sup>g</sup>	62,80	7,93 <sup>i</sup>
Gi	59,20	7,69 <sup>g</sup>	65,20	8,07 <sup>e</sup>
Mc	88,73	9,42 <sup>b</sup>	92,35	9,60 <sup>b</sup>
Mi	87,42	9,35 <sup>c</sup>	92,25	9,60 <sup>b</sup>
T	121,66	11,02 <sup>a</sup>	127,50	11,28 <sup>a</sup>
ESx		0,06 <sup>xxx</sup>		0,08 <sup>xxx</sup>
CV(%)		11,78		13,12
Cultivar `CC 25-9N`				
	2010			
Bc	70,70		8,40 <sup>e</sup>	
Bi	73,90		8,58 <sup>d</sup>	
Fc	57,75		7,59 <sup>i</sup>	
Fi	61,10		7,81 <sup>h</sup>	
Gc	68,10		8,24 <sup>i</sup>	
Gi	65,60		8,09 <sup>g</sup>	
Mc	75,32		8,67 <sup>c</sup>	
Mi	87,65		9,35 <sup>b</sup>	
T	121,9		11,03 <sup>a</sup>	
ESx			0,07 <sup>xxx</sup>	
CV(%)			11,78	

Letras iguales, en cada año no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$ . según Tukey

**Simbología:** Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, ESX: error estándar, CV: coeficiente de variación.

Tendencias similares, se encontraron en el año 2010 para este mismo cv. el frijol y girasol incorporado o en cobertura ocasionaron las mayores afectaciones, sin diferir significativamente entre sí.

En este mismo año en el cv. 'CC 25-9N' los residuos de frijol incorporado y en cobertura arrojaron las menores medias difiriendo del resto de los tratamientos.

### **Masa de 100 semillas**

Para todos los años en estudio el testigo difirió significativamente del resto de los tratamientos.

Es de señalar que los tratamientos donde la masa de 100 semillas no alcanzó el rango de valores entre 17- 21 g informado por Socorro y Martín (1995); Marrero (2000) y Faure *et al.*, (2013) para estos cultivares, marcaron un efecto depresivo sobre este componente (Tabla 9).

En este sentido, para el cv. 'Tomeguín 93- N' en el 2008, los residuos que causaron los más bajos valores fueron los de frijol y girasol, seguidos los de boniato y maíz; a diferencia en el 2009 los de frijol en cobertura y en el año 2010 tanto los de frijol y el girasol incorporado o como en cobertura y el boniato incorporado.

Sin embargo, en el cv.' CC 25- 9N' se denotaron los mayores efectos en los residuos de frijol y girasol seguidos los de boniato incorporados o como en cobertura.

**Tabla 9.** Masa de 100 semillas (g) en los diferentes años sembrados (n=40).

<b>Cultivar `Tomeguín 93-N`.</b>		
<b>Residuos</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
	X	X
Bi	18,90 <sup>c</sup>	16.50 <sup>bc</sup>
Fi	17,18 <sup>d</sup>	16.07 <sup>d</sup>
Gi	17,00 <sup>d</sup>	16.85 <sup>b</sup>
Mi	19,91 <sup>b</sup>	16.35 <sup>cd</sup>
T	21,13 <sup>a</sup>	20.05 <sup>a</sup>
ESx	0,15 <sup>xxx</sup>	0,12 <sup>xxx</sup>
CV (%)	4.34	4.31
<b>2009</b>		
<b>2010</b>		
Bc	19,40 <sup>b</sup>	17,00 <sup>c</sup>
Bi	18,17 <sup>c</sup>	16,85 <sup>c</sup>
Fc	15,55 <sup>e</sup>	15,52 <sup>e</sup>
Fi	18,10 <sup>c</sup>	15,96 <sup>d</sup>
Gc	17,17 <sup>d</sup>	16,80 <sup>c</sup>
Gi	17,40 <sup>d</sup>	16,80 <sup>c</sup>
Mc	18,55 <sup>c</sup>	17,90 <sup>b</sup>
Mi	19,25 <sup>b</sup>	17,90 <sup>b</sup>
T	20,57 <sup>a</sup>	19,15 <sup>a</sup>
ESx	0,09 <sup>xxx</sup>	0,01 <sup>xxx</sup>
CV(%)	7,76	2,97
<b>Cultivar `CC 25-9N`</b>		
<b>2010</b>		
Bc		16,20 <sup>de</sup>
Bi		16,55 <sup>cd</sup>
Fc		15,42 <sup>f</sup>
Fi		15,82 <sup>ef</sup>
Gc		15,86 <sup>e</sup>
Gi		15,77 <sup>f</sup>
Mc		17,05 <sup>c</sup>
Mi		17,30 <sup>b</sup>
T		19,30 <sup>a</sup>
ESx		0,09 <sup>xxx</sup>
CV (%)		3,39

Letras iguales no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$ . según Tukey.

**Simbología:** Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, ESX: error estándar, CV: coeficiente de variación.

De los resultados se denota el efecto negativo que sobre la masa de 100 semillas provocan los residuos utilizados, esto se evidencia cuando se tiene en cuenta lo señalado por Araya y Hernández (2007) en el sentido a la alta heredabilidad de este carácter en los cultivares estudiados.

Presumiblemente se crean las condiciones necesarias que provocan afectaciones en la capacidad reproductiva y de adaptación de estas plantas que no le permiten que se recuperen, lo que repercuten en los componentes estructurales del rendimiento, manifestando el efecto negativo de los residuos de boniato, frijol, girasol y maíz ya sea incorporado o en cobertura.

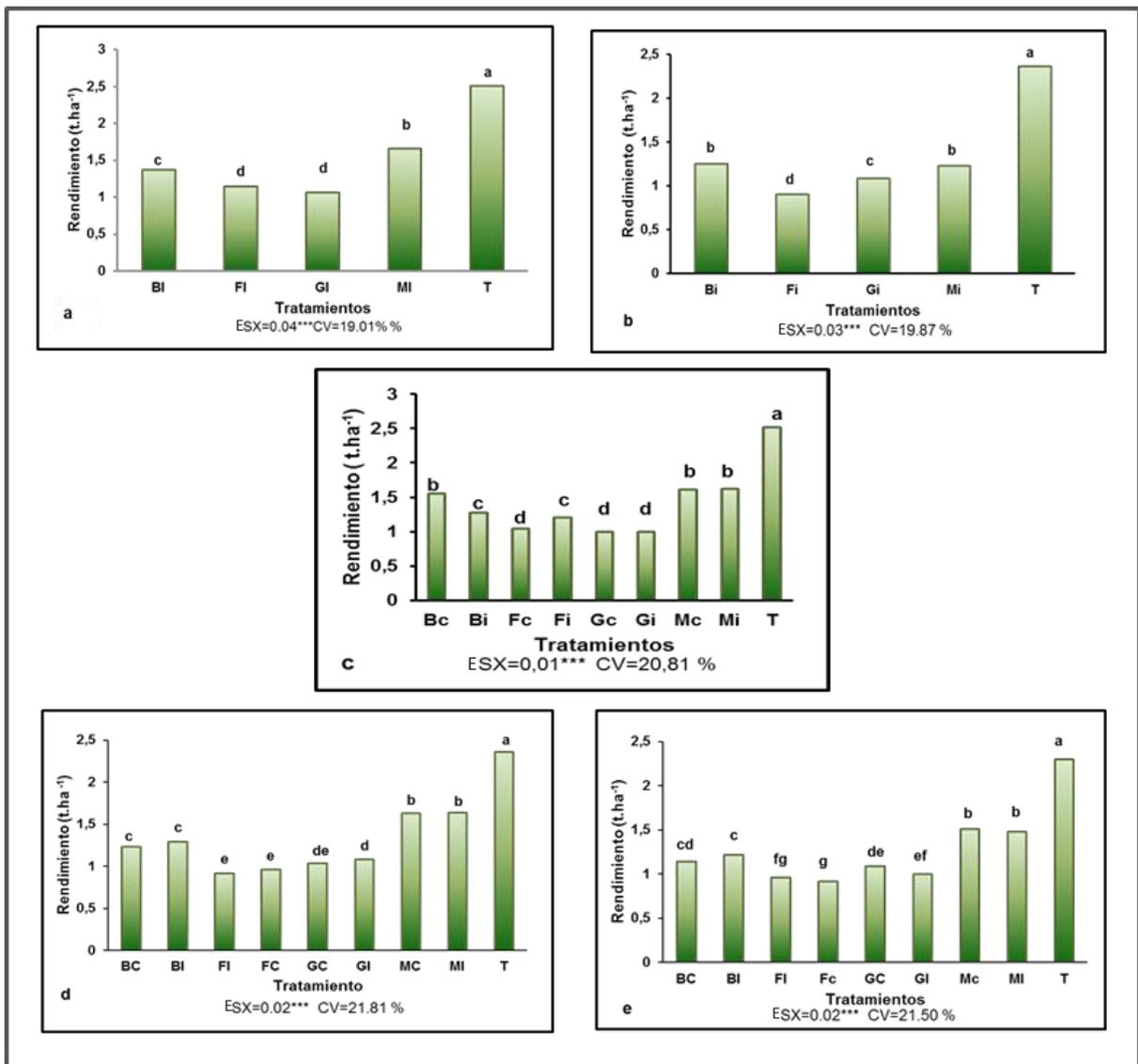
### **Rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>)**

Refiriéndose al rendimiento, Aguilar *et al.*, (2012) y Agüero *et al.*, (2013) plantearon que es una variable compleja en la cual influye con mayor relevancia, dentro de sus componentes, el número de legumbres / planta, el número de granos / legumbres y la masa del grano.

Consecuentemente con los valores obtenidos en los componentes estructurales del rendimiento, en la figura 4 se refleja los resultados de los rendimientos (t.ha<sup>-1</sup>) obtenidos en el frijol común durante la siembra realizada en los años estudiados. De la misma se denota que en todos los años y cultivares estudiados el testigo difirió significativamente del resto de los tratamientos.

En el año 2007, los tratamientos cuyos residuos fueron de frijol común y girasol ocasionaron los rendimientos más bajos seguido el de boniato incorporado.

Para el año 2008, el residuo de frijol común provocó los más bajos valores en esta variable, difiriendo significativamente del resto de los tratamientos, seguido el de girasol incorporado.



Letras iguales no difieren para  $p \leq 0.05$ . Según Tukey

**Simbología:**Bc: boniato en cobertura, Bi: boniato incorporado, Fc: frijol incorporado, Fi: frijol en cobertura, Gc: girasol en cobertura, Gi: girasol incorporado, Mc: maíz en cobertura, Mi: maíz incorporado, T: testigo, ESX: error estándar, CV: coeficiente de variación.

Figura 4. Rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>) de los diferentes restos de cosecha del frijol común (*P. vulgaris*) en los diferentes años (2007-a; 2008-b; 2009-c; 2010-d cv. 'Tomeguín 93-N' y 2010-e cv. 'CC-25-9N'(n=40)

En las siembras del año 2009, los residuos de girasol incorporado y en cobertura y el frijol en cobertura arrojaron los valores de rendimiento promedios más bajos seguido de los residuos de frijol y boniato incorporado.

Similares tendencias se aprecian en el año 2010; en ambos cultivares (Figura 4), los residuos de frijol ya sean incorporados o en cobertura ocasionaron los más bajos valores en el rendimiento sin diferir del girasol en cobertura en el cv. 'Tomeguin 93-N'.

El análisis del comportamiento del porcentaje de reducción del rendimiento promedio de los diferentes tratamientos (tabla 10) a partir de los rendimientos obtenidos en la siembra realizada en los distintos años, evidencian que todos los tratamientos empleados reducen este parámetro entre 31.68 – 57.53%, principalmente los residuos de frijol y girasol, ya sea incorporado o en cobertura, en un porcentaje mayor de 50.

Tabla 10. Rendimiento promedio (t.ha<sup>-1</sup>) y el porcentaje de reducción de los diferentes tratamientos en el Sistema Integrado de Cultivo de frijol común cv. Tomeguín 93-N (media de todas las siembras).

Tratamientos	Rendimiento promedio (t.ha <sup>-1</sup> )	Reducción del rendimiento promedio (%)
Bc	1,27	43,90
Bi	1,33	41,16
Fc	0,96	57,53
Fi	1,05	53,53
Gc	1,04	53,85
Gi	1,05	53,63
Mc	1,58	30,09
Mi	1,54	31,86
T	2,26	0,00

Al considerar lo informado por Faure *et al.*, (2013) y Fernández (2014) con respecto a que los cv 'Tomeguín 93-N' y 'CC 25 – 9N' presentan un rendimiento potencial entre 2,5 – 3,3 t.ha<sup>-1</sup>, se evidencia el efecto depresivo de los residuos de cosecha utilizado sobre el rendimiento de dichos cultivares.

Respuesta que pudiera devenir de la liberación de sustancias fitotóxicas al medio que pudieran provocar afectaciones en el proceso fotosintético de las plantas de frijol común y presumiblemente en la translocación de los fotosintatos a los órganos de interés económico con repercusión en el rendimiento.

En este sentido, Sandoval (2011) demostró que el ácido ferúlico, p- clorogénico, vanílico y cúmarico, son los responsables en la inhibición del proceso fotosintético; compuesto que pudiera estar presente en los residuos de frijol común y girasol.

La reducción de los rendimientos del frijol común se corrobora con lo planteado por Ibrair *et al.*, (2007) y Perea *et al.*, (2007) que demostraron que el rendimiento de semilla y el índice de cosecha de frijol se redujeron significativamente cuando fue sembrado con maíz.

Igualmente, Morales *et al.*, (2008) y Barrios *et al.*, (2012) registraron reducciones en el rendimiento de frijol y soya cuando son sembradas en asociación con girasol.

### **Valoración Económica**

La producción agraria demanda de estudios para detectar las causas de desviaciones económicas y el propósito esencial de un adecuado análisis está, en alertar a los productores de las probables consecuencias que pueden generar el empleo inadecuado de los recursos que se destinan en la producción

(Trujillo *et al.*, 2010). Tomando en consideración este criterio, a partir del análisis del comportamiento de los indicadores que miden la eficiencia de la producción en el Sistema Integrado de frijol común cv. Tomeguín 93-N (Anexo 2), se resume en la tabla 11 la media anual y la desviación absoluta de dichos indicadores determinados, donde se muestra que el testigo alcanza los mejores resultados al compararlos con el resto de los tratamientos.

Tabla 11. Indicadores económicos en los diferentes tratamientos estudiados

Residuos	Rendimiento ( t.ha <sup>-1</sup> )	Ingresos/ha (\$/ha)	Utilidad/ha (\$/ha)	Costo unitario (\$/ha)	Rentabilidad (%)
<b>X Anual</b>					
<b>Testigo</b>	2,41	48049,26	45567,62	945,9	94,82
<b>Bc</b>	1,26	26517,66	23097,36	1852,0	90,08
<b>Bi</b>	1,31	25536,66	23618,20	1821,1	90,50
<b>Fc</b>	0,96	22044,86	18987,22	2378	88,11
<b>Fi</b>	1,05	21358,63	19222,59	2254,6	88,62
<b>Gc</b>	1,04	21667,0	18507,36	2274,6	88,44
<b>Gi</b>	1,05	22109,3	20034,46	2200,5	88,78
<b>Mc</b>	1,58	33562	28458,36	1432,6	91,73
<b>Mi</b>	1,54	32420	22106,36	1379,2	92,70
<b>Desviación Absoluta</b>					
<b>Bc</b>	(1,15)	(21531,6)	(22470,26)	906,1	(4,74)
<b>Bi</b>	(1,1)	(22512,6)	(21949,42)	875,2	(4,32)
<b>Fc</b>	(1,45)	(26004,4)	(26580,4)	1432,1	(6,71)
<b>Fi</b>	(1,36)	(26690,63)	(26345,03)	1308,7	(6,2)
<b>Gc</b>	(1,37)	(26382,26)	(27060,26)	1328,6	(6,38)
<b>Gi</b>	(1,36)	(25939,96)	(25533,16)	1254,6	(6,04)
<b>Mc</b>	(0,83)	(14487,26)	(17109,26)	486,7	(3,09)
<b>Mi</b>	(0,87)	(15629,26)	(23461,26)	433,3	(2,12)

El análisis del ingreso por hectárea arrojó que los residuos de frijol y girasol ya sean incorporados o en cobertura produjeron los menores ingresos (alrededor de un 55 %) con respecto al testigo; influenciado por los bajos rendimientos de estos tratamientos, pues se toman los precios constantes para el periodo de análisis. En sentido general, al comparar los resultados obtenidos con el testigo; en los residuos de cosecha utilizados en sus dos formas de empleo; se dejaron de ingresar entre un 30,15 y 55,55 %, lo que evidencia el efecto negativo de dichos residuos. Consecuentemente con los resultados anteriores, se produjo similar efecto en la utilidad por hectárea.

Con relación al costo unitario, Trujillo *et al.*, (2010) señalan que constituye el indicador más importante de las unidades productivas, no solo para medir los gastos necesarios para obtener una determinada producción, sino por encontrarse relacionado y en el centro de toda una serie de elementos como el control, la toma de decisiones, el cálculo económico, los precios, la ganancia y la rentabilidad. Los resultados obtenidos en esta investigación ratifican que los diferentes tratamientos producen un costo unitario superior al testigo, los mismos oscilan entre 146,00- 251,00 %, destacándose los de mayor desviación absoluta los residuos de girasol y frijol tanto incorporado como en cobertura que se incrementa entre 135,00 – 142,00 %.

Al analizar la rentabilidad, indicador generalizador por excelencia de la eficiencia económica, la cual relaciona el efecto económico obtenido (ganancia) con el valor total de los bienes de capital utilizado (Cordovés, 2013) se manifiesta que los residuos de cosechas empleados tienen una rentabilidad

inferior al testigo, los cuales varían entre 2,12 – 6,38 %, se destaca que los tratamientos de girasol y frijol, ya sean incorporado o en cobertura, ocasionan el mayor efecto negativo.

De esta manera se demuestra que en el diseño de los Sistemas Agrícolas Sostenibles, los elementos que relacionan la eficiencia económica, ya sea la factibilidad como la rentabilidad, son los eslabones primordiales entre los aspectos que conforman los elementos restrictivos del sistema que determinan el establecimiento del sistema integrado de cultivo. Al considerar lo planteado por Cordovés y Bez (2014) en relación a que la eficiencia en la producción agropecuaria refleja los resultados finales de la producción y expresa el efecto de la utilización racional de los recursos disponibles, entonces se reafirma que los residuos de boniato, frijol, girasol y maíz, incorporado o en cobertura, en el sistema integrado del cultivo de frijol común cv 'Tomeguín 93-N', ocasionan un efecto económico negativo y por lo tanto evidencia los riesgos a los que se expone dicho sistema si no se realiza un manejo adecuado de los mismos, que implicaría dejar de ingresar entre 14 287,26 – 26 580,40 \$.ha<sup>-1</sup> con el consiguiente incremento del costo unitario de hasta 2378,5 \$.ha<sup>-1</sup>.

#### **IV.2 Efecto de extractos de residuos de cosecha sobre la germinación y crecimiento inicial del frijol común (*P. vulgaris*) cv. 'Tomeguín 93 N' en condiciones de laboratorio**

El efecto visible de la alelopatía, está relacionado con el efecto morfológico que causan en las plantas: inhibición o retraso en la germinación de las semillas, en

la elongación del coleóptilo y la radícula, en el desarrollo del tallo y la raíz. Phen *et al.*, (2010). Como se puede apreciar en la tabla 12 todos los extractos vegetales ocasionaron inhibición en la germinabilidad (%), la supervivencia (expresada en porciento de reducción) y la longitud del tallo (cm) del frijol común cuando se les compara con el testigo, con diferencias significativas entre sus medias.

Tabla 12. Germinabilidad, supervivencia (% de reducción) y la longitud del tallo (cm) sometidos a las diferentes concentraciones de extractos de boniato (*Ipomoea batatas*, (L) Lam; frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.) y maíz (*Zea mays* L.) (n = 200).

Volumen de extracto en 100 mL	EXTRACTOS			
	Boniato	Frijol	Girasol	Maíz
<b>GERMINABILIDAD (%)</b>				
5	70,00 <sup>d</sup>	57,5 <sup>b</sup>	45 <sup>b</sup>	80,00 <sup>d</sup>
10	65,00 <sup>c</sup>	55,55 <sup>c</sup>	32,5 <sup>c</sup>	75,00 <sup>c</sup>
15	60,00 <sup>d</sup>	52,5 <sup>d</sup>	17,5 <sup>d</sup>	65,00 <sup>d</sup>
20	52,00 <sup>e</sup>	50,00 <sup>e</sup>	17,5 <sup>d</sup>	60,00 <sup>e</sup>
TESTIGO	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
ESx	0,04 <sup>xxx</sup>	0,03 <sup>xxx</sup>	0,06 <sup>xxx</sup>	0,04 <sup>xxx</sup>
CV(%)	2,20	2,32	3,44	1,92
<b>SUPERVIVENCIA DE LAS PLANTAS(% de reducción)</b>				
5	14,25 <sup>c</sup>	35,00 <sup>b</sup>	45,00 <sup>d</sup>	6,50 <sup>c</sup>
10	16,00 <sup>c</sup>	36,3 <sup>b</sup>	62,50 <sup>c</sup>	12,50 <sup>b</sup>
15	30,70 <sup>b</sup>	57,6a <sup>c</sup>	69,62 <sup>b</sup>	13,30 <sup>b</sup>
20	37,95 <sup>a</sup>	60,00 <sup>a</sup>	80,75 <sup>a</sup>	16,60 <sup>a</sup>
TESTIGO	0,00 <sup>d</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>e</sup>	0,00 <sup>d</sup>
ESX	0,02 <sup>xxx</sup>	0,02 <sup>xxx</sup>	0,021 <sup>xxx</sup>	0,11 <sup>xxx</sup>
CV	4,97	3,04	2,63	6,56
<b>LONGITUD DEL TALLO ( cm)</b>				
5	12,44 <sup>b</sup>	6,76 <sup>b</sup>	10,94 <sup>b</sup>	11,35 <sup>b</sup>
10	11,92 <sup>b</sup>	3,94 <sup>c</sup>	3,84 <sup>c</sup>	9,57 <sup>b</sup>
15	12,93 <sup>b</sup>	4,18 <sup>c</sup>	0,95 <sup>d</sup>	6,45 <sup>c</sup>
20	3,66 <sup>c</sup>	1,44 <sup>d</sup>	1,93 <sup>d</sup>	3,68 <sup>d</sup>
TESTIGO	20,81 <sup>a</sup>	20,81 <sup>a</sup>	20,81 <sup>a</sup>	20,81 <sup>a</sup>
ESX	0,0007	0,009	0,006 <sup>xxx</sup>	0,0006 <sup>xxx</sup>
CV	0,07	0,71	0,15	0,08

Letras iguales en columna y sección de cada extracto no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Tukey.

La germinabilidad, en las diferentes diluciones de extracto acuoso evidenciaron un efecto diferenciado entre los tratamientos. La dilución de 20 (v/v) causó el efecto negativo mayor donde solo germinó el 52% de las semillas de frijol común cv. 'Tomeguín 93-N'.

Las diferentes diluciones derivadas del extracto acuoso de frijol provocaron disminuciones considerables en la germinabilidad de las semillas de este grano; acentuando en la dilución de 20 (v/v) seguido de 15 (v/v); existiendo diferencias significativas entre los tratamientos.

Como se muestra en la Tabla 12. en el extracto de girasol las semillas de frijol común, mostraron una marcada sensibilidad ante las diferentes diluciones estudiadas que ocasionaron reducciones en la germinación entre 17,5 – 45% que fueron mayores a la dilución de 15 y 20 (v/v).

Los tratamientos evaluados en el extracto de maíz arrojaron diferenciado significativas entre los mismos y se destacó la más alta dilución que se debe corresponder con la más alta concentración con el efecto negativo mayor.

De los resultados obtenidos, en sentido general, se evidencia que las diferentes diluciones de extracto de girasol y frijol común ocasionan un marcado efecto inhibitorio en la germinabilidad de las semillas de frijol común, que demuestra el carácter alelopático negativo; mientras que en los extractos de boniato y maíz esta sensibilidad es menor.

Con lo anterior, se comprueba lo señalado por Lorenzo (2010) al plantear que el efecto alelopático no solo está dado por las altas concentraciones de estas sustancias en los tejidos secos de la planta donadora sino también por la

sensibilidad que presenta la especie receptora ante los aleloquímicos presente en la especie donadora.

En este sentido, al parecer los aleloquímicos que presentan estos extractos vegetales estudiados, junto al contenido de polifenoles de la testa de la semilla, que según lo planteado por Mederos (2006) es mayor en los de color negro, demostrado además por Quintana *et al.*, (2009); Ricki *et al.*, (2011) los cuales consideran que estos aleloquímicos pudieran ocasionar la oxidación de dichos compuestos y ejercer un efecto depresivo en las hormonas que intervienen en la germinación de las plantas.

La respuesta de estas semillas ante las diferentes diluciones se pudiera asociar además a lo planteado por Almeida (2008); Sisodia y Siddiqui (2010) al señalar que los efectos potencialmente alelopáticos dependen de la concentración en que la sustancia alelopática está presente en los extractos.

Con relación a lo anterior, diversos autores han informado el efecto de las concentraciones en otras especies vegetales, por ejemplo Dorneles y Hernández (2008), encontraron que los extractos de hoja y raíces de *Raphanus raphanistrum* L. al 10 % de concentración causaron inhibición en la germinación de semillas de *Lactuca sativa* L. mientras que en *Solanum lycopersicum* L. fueron solo los extractos de hoja a esta misma concentración. Igualmente, Alves *et al.*, (2011) informaron que las concentraciones de 5 y 10 % de los extractos de *Tabernaemontana catharinensis* ocasionaron efecto inhibitorio en la germinación de semillas de *Lactuca sativa* L. y solo las concentraciones de 10 % de este mismo extracto reduce las semillas de *Bidens pilosa* L.

El análisis de la supervivencia de las plantas, es un indicador que ha sido informado por Puente y Del Toro (2010) para determinar la influencia de los extractos vegetales sobre la germinación de las semillas y ulterior crecimiento de las diferentes especies enfatizando el efecto alelopático.

En relación a la supervivencia de las plantas (tabla 12), el testigo difirió significativamente del resto de los tratamientos en cada uno de los extractos vegetales estudiados.

Igualmente se denota del resultado de cada experimento analizado que la más alta dilución provocó la mayor reducción en la supervivencia.

Es notable que en el extracto de frijol común en la dilución de 20 (v/v) solo sobrevivieron el 40% de las plantas, seguido de la dilución de 15 (v/v) que sobrevivieron el 42,4%; mientras que en el extracto de girasol estas diluciones provocaron la supervivencia del 19,5% de las plántulas de frijol común a la dilución de 20 (v/v) y del 30,38% a la de 15 (v/v).

Estos resultados refuerzan los obtenidos en las condiciones de campo fundamentalmente en los residuos de frijol común y girasol.

Lo anterior implica afectaciones en la productividad, encareciendo el costo de producción que en el caso particular de este cultivo el precio de adquisición del mismo en el mercado internacional oscila entre \$ 800.00 – 900.00 USD.t<sup>-1</sup>.

Los resultados de la longitud del tallo (cm) a los 15 días después de la siembra (DDS) como respuesta a los diferentes extractos y concentraciones analizadas evidenciaron en todos los casos un efecto alelopático negativo (Tabla 12).

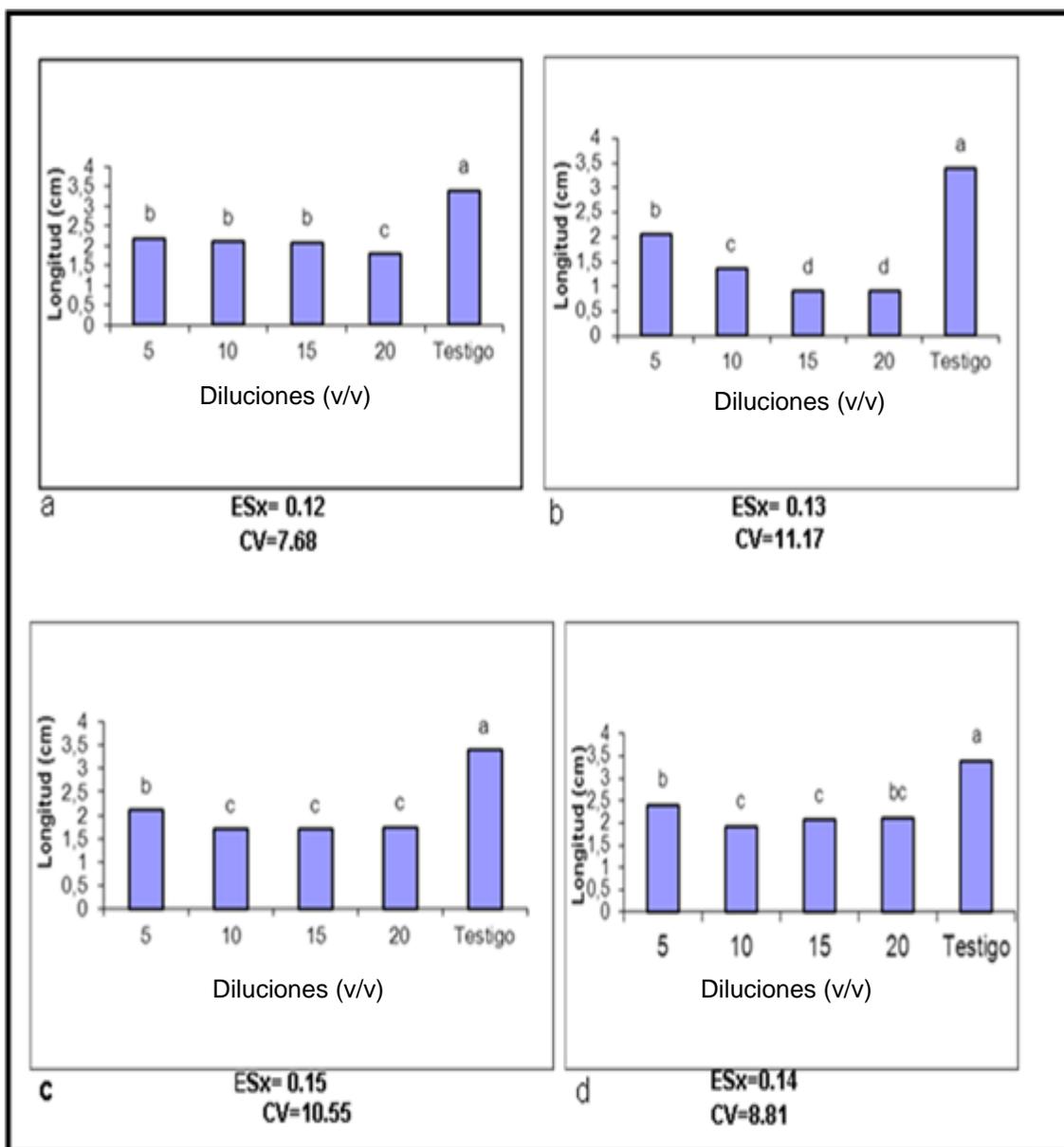
Al analizar las diferencias encontradas se denota que la longitud del tallo disminuyó con el aumento de las diluciones en los diferentes extractos estudiados y los las mismas difirieron significativamente cuando se les comparó con el testigo.

Es de señalar, que en los tratamientos con el extracto de frijol común la longitud del tallo (cm) de las plántulas se redujó entre 6,91-32%, para los extractos de girasol entre 4,56 - 52-57% cuando se les comparó con el testigo.

Respuestas similares fueron las informadas por Hernández (2007) y Cruz (2012), al encontrar inhibición en el crecimiento del hipócotilo de frijol común cv. Nacute ante el extracto acuoso de boniato; sin embargo Torres *et al.* (2008), señalan efecto contrario ante el cv. ICA-PIJAO; esto puede deberse a que diferentes cultivares de una misma especie pueden manifestar respuestas diferentes a un mismo agente alelopático o que las composiciones de los extractos de boniato puede ser diferente en dependencia de las condiciones geobotánicas y los métodos de extracción, la dilución y el modo de aplicación.

El comportamiento de la longitud del tallo (cm) en las plantas de frijol común cv. 'Tomeguín 93-N' en presencia de los extractos estudiados, pudiera estar relacionado con lo planteado por Madhu *et al.*, (2011) que señalan la inhibición de la acción de la fitohormona por algunos compuestos fenólicos que reducen los niveles de AIA en la planta por lo que el hipócotilo deja de crecer normalmente, compuesto que pudiera estar presente en los residuos de cosecha estudiado.

Al analizar la longitud de la raíz (cm) (Figura 5), se observa que todos los tratamientos en cada uno de los experimentos estudiados difirieron significativamente del testigo.



Medidas con letras iguales, en cada extracto no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Tukey.

Figura 5. Efecto de diferentes disoluciones de extractos de: a.- boniato (*I. batatas*), b.-frijol común (*P. vulgaris*), c.- girasol (*H. annuus*) y d-maíz (*Z. mays*) sobre la longitud de la raíz (cm) de plantas de frijol común (n=200).

En el extracto de boniato, la dilución de 20 (v/v) arrojò la menor longitud de la raíz y difirió significativamente del resto de los tratamientos; mientras que en el extracto de frijol común 15 y 20 (v/v) provocaron los valores promedios más bajos y no existió diferencias significativas entre sí, acentuando su carácter autotóxico.

Sin embargo, en el extracto de girasol los menores longitudes fueron ocasionadas por las diluciones de 10, 15 y 20(v/v) sin diferencias significativas entre sí.

Es destacar en el extracto de maíz que la dilución de 20 (v/v) no difirió de las restantes diluciones, que acentúan la sensibilidad de la raíz ante cualesquiera de las diluciones estudiadas en dicho extracto.

Lo anterior evidencia, que este comportamiento puede estar asociado a la concentración y la composición de las sustancias alelopáticas de los tejidos vegetales, además de relacionarse con los obtenidos por Hoffman *et al.*, (2007) que se lo atribuye a la acción de los aleloquímicos que inhiben directamente la división celular.

Igualmente a lo ocurrido en esta investigación, Cruz (2012) determinó que extracto de *Ipomoea batatas* (L) Lam inhibió la longitud de la radícula del frijol común cv. Nacute.

Esta depresión de la longitud de la raíz se constata además en otras especies de plantas en las que las cumarinas y el ácido cumárico inhiben la división celular (Pereira *et al.*, 2008 y Mageiro *et al.*, 2009).

Los valores obtenidos de las medias en la masa fresca (M.F) y masa seca (M.S) del tallo y de la raíz expresados en (g) aparecen reflejados en la (Tabla 13). Tanto para la masa fresca y seca del tallo como para la masa fresca y seca de la raíz, las diferentes diluciones de las distintas especies vegetales mostraron una acción inhibitoria en la especie receptora difiriendo significativamente cuando se le compara con el testigo; excepto en la dilución de 5(v/v) de extracto de maíz sobre la masa fresca del tallo (g).

Similar respuesta se obtuvieron en los experimentos relacionados con el extracto de frijol y extracto de girasol en la cual las diferentes diluciones fundamentalmente 20(v/v), seguido los de 15 (v/v) provocaron los más bajos valores en cualesquiera de las variables estudiadas.

Estos resultados se relacionan con las longitudes alcanzadas en las plántulas de frijol sobre los diferentes tratamientos en los distintos extractos vegetales, obviamente los tratamientos que arrojaron las menores longitudes provocan los más bajos valores de masa fresca y seca, al parecer los tejidos contenían mayor contenido de agua y por ende menos soluto.

Lo anterior indica que el mayor o menor grado de inhibición comprobado para las diluciones estudiadas, muestran que la actividad biológica de un aleloquímico depende también del límite de respuesta de la especie receptora; de ahí que el límite de inhibición está íntimamente relacionado con la

sensibilidad de la especie receptora ante la composición química de los residuos entre ellos la presencia de triterpenos y esteroides, aminos, alcaloides, flavonoides, fenoles en los residuos de boniato, frijol, girasol y maíz.

Tabla 13. Efecto de las diferentes diluciones de extractos de boniato, (*I. batata*); frijol común (*P. vulgaris*), girasol (*H. annuus*) y maíz (*Z. mays*) sobre la masa fresca y seca de la raíz (g) de plantas de frijol común (n=200).

Volumen de extracto en 100 mL	Extractos			
	Boniato	Frijol	Girasol	Maíz
<b>MASA FRESCA DEL TALLO (g)</b>				
5	0,1360 <sup>b</sup>	0,1273 <sup>b</sup>	0,1200 <sup>b</sup>	0,1432 <sup>a</sup>
10	0,1217 <sup>c</sup>	0,1205 <sup>b</sup>	0,1061 <sup>c</sup>	0,1297 <sup>b</sup>
15	0,1133 <sup>d</sup>	0,0980 <sup>c</sup>	0,0960 <sup>d</sup>	0,1218 <sup>b</sup>
20	0,0967 <sup>e</sup>	0,0885 <sup>d</sup>	0,0855 <sup>e</sup>	0,0998 <sup>c</sup>
Testigo	0,1517 <sup>a</sup>	0,1517 <sup>a</sup>	0,1517 <sup>a</sup>	0,1517 <sup>a</sup>
ESx	0,002 <sup>xxx</sup>	0,07 <sup>xxx</sup>	0,09 <sup>xxx</sup>	0,078 <sup>xxx</sup>
CV(%)	0,10	0,063	0,061	0,08
<b>MASA SECA DEL TALLO (g)</b>				
5	0,0698 <sup>b</sup>	0,0388 <sup>b</sup>	0,0262 <sup>b</sup>	0,0806 <sup>b</sup>
10	0,0617 <sup>c</sup>	0,0302 <sup>c</sup>	0,0226 <sup>b</sup>	0,0720 <sup>b</sup>
15	0,0400 <sup>d</sup>	0,0106 <sup>d</sup>	0,0095 <sup>c</sup>	0,0507 <sup>c</sup>
20	0,0408 <sup>d</sup>	0,0097 <sup>e</sup>	0,0085 <sup>c</sup>	0,0413 <sup>d</sup>
Testigo	0,0914 <sup>a</sup>	0,0914 <sup>a</sup>	0,0914 <sup>a</sup>	0,0914 <sup>a</sup>
ESx	0,024 <sup>xxx</sup>	0,034 <sup>xxx</sup>	0,046 <sup>xxx</sup>	0,076 <sup>xxx</sup>
Cv(%)	1,19	0,047	0,33	0,20
<b>MASA FRESCA DE LA RAÍZ (g)</b>				
5	0,0134 <sup>b</sup>	0,0143 <sup>b</sup>	0,0129 <sup>b</sup>	0,0189 <sup>b</sup>
10	0,01260 <sup>b</sup>	0,0107 <sup>c</sup>	0,0118 <sup>c</sup>	0,0182 <sup>b</sup>
15	0,0108 <sup>c</sup>	0,0093 <sup>d</sup>	0,0086 <sup>d</sup>	0,0156 <sup>c</sup>
20	0,0096 <sup>d</sup>	0,0080 <sup>e</sup>	0,0086 <sup>d</sup>	0,0138 <sup>d</sup>
Testigo	0,0208 <sup>a</sup>	0,0208 <sup>a</sup>	0,0208 <sup>a</sup>	0,0208 <sup>a</sup>
ESx	0,36 <sup>xxx</sup>	0,22 <sup>xxx</sup>	0,03 <sup>xxx</sup>	0,56 <sup>xxx</sup>
Cv(%)	0,72	3,30	1,55	0,69
<b>MASA SECA DE LA RAÍZ (g)</b>				
5	0,0057 <sup>b</sup>	0,0046 <sup>b</sup>	0,0050 <sup>b</sup>	0,0056 <sup>b</sup>
10	0,0043 <sup>c</sup>	0,0038 <sup>c</sup>	0,0037 <sup>c</sup>	0,0047 <sup>c</sup>
15	0,0031 <sup>d</sup>	0,0029 <sup>d</sup>	0,0028 <sup>d</sup>	0,0031 <sup>d</sup>
20	0,0018 <sup>e</sup>	0,0016 <sup>e</sup>	0,0017 <sup>e</sup>	0,0012 <sup>e</sup>
Testigo	0,0068 <sup>a</sup>	0,0068 <sup>a</sup>	0,0068 <sup>a</sup>	0,0068 <sup>a</sup>
ESx	1,96 <sup>xxx</sup>	0,81 <sup>xxx</sup>	0,79 <sup>xxx</sup>	0,72 <sup>xxx</sup>
C.V.(%)	0,79	1,94	2,04	2,87

Letras iguales, en cada extracto no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Tukey.

Al respecto, Souza *et al.*, (2009) acusan una disminución en la masa fresca y seca en diferentes cultivares de frijol en presencia de extracto acuoso de girasol como consecuencia del efecto alelopático, esto se evidenció en esta investigación.

Todo lo anterior confirma que los extractos vegetales de boniato, frijol, girasol y maíz no solo inhiben o retrasan la germinación de las semillas de frijol común (*P. vulgaris*) sino que retardan el crecimiento del tallo, de la raíz, ocasionan plantas raquíticas con la consiguiente reducción de la masa seca que por ende reducen la capacidad reproductiva de la planta, comportamiento que debe influir en las subsiguientes etapas fenológicas del cultivo con repercusión en el rendimiento.

El efecto negativo sobre el crecimiento de frijol evidenciado en los ensayos de laboratorio fundamentan los resultados obtenidos en los experimentos de campo, por tanto combinar los resultados de campo con ensayos de laboratorio permitirá brindar una respuesta más científica y sustentado de la experiencia práctica y también comprobar los efectos liberados por los aleloquímicos, confirmando lo planteado por Reigosa (1994) que la especie alelopática podría tener su propio valor agrícola.

### **IV.3.1 Identificación de los principales grupos fitoquímicos presentes en los residuos vegetales y en las muestras de suelo**

Los resultados obtenidos en la determinación fitoquímica de los principales grupos de compuestos orgánicos en los residuos vegetales y en las muestras de suelos (tablas 14 y 15) permiten establecer un vínculo preliminar entre la naturaleza química de los principios activos extraídos de las plantas y la actividad biológica. Estos fueron realizados tanto a las muestras de los diferentes residuos vegetales como a las muestras de suelo.

En la tabla 14 se aprecia que en las muestras de residuos vegetales se detectaron un total de nueve grupos de metabolitos secundarios (aminas primarias y secundarias, fenoles libres, triterpenos, esteroides, alcaloides, flavonoides, leucoantocianidinas y saponinas); de ellas seis en los residuos de girasol, siete en los de maíz y nueve en los de boniato y frijol; cuestión que pudiera estar relacionado con la composición de los tejidos vegetales de estas plantas.

Desde el punto de vista cualitativo en todas las muestras vegetales las aminas primarias y secundarias son las más representativas, al igual que los flavonoides en el boniato que se diferencia del resto de los residuos con excepción del frijol que se detectó con presencia leve; es de destacar la cuantiosa presencia de saponinas sólo en los residuos de maíz.

Tabla 14. Grupos de familias fitoquímicas presentes en las muestras de los residuos.

<b>BONIATO</b>	<b>FRIJOL</b>	<b>GIRASOL</b>	<b>MAÍZ</b>
Aminas 1rias y 2darias (+++)			
Fenoles libres (++)	Fenoles libres (++)	Fenoles libres (++)	Fenoles libres (++)
Triterpenos y Esteroides (++)			
Alcaloides (++)	Alcaloides (++)	Alcaloides (++)	Alcaloides (++)
Flavonoides (+++)	Flavonoides (+)		Saponinas (+++)
Leucoantocianidinas (+)	Leucoantocianidinas (+)		

(+++): Cuantiosa (++): Notable (+): Leve

Los resultados armonizan con lo informado por Vidal (2009) excepto que en esta investigación se determinaron la presencia de las leucoantocianidinas en los residuos de boniato y frijol.

La presencia o ausencia de un determinado grupo de compuesto en el material vegetal puede deberse a lo informado por Camerón *et al.*, (2011) al señalar que la producción de metabolitos secundarios por las plantas está influenciado por la concentración, la zona geográfica, la época del año, el clima, el suelo y la etapa de desarrollo de la planta; por lo tanto la variación de ellos puede determinar el resultado positivo o negativo en las pruebas de determinación. Igualmente Torres *et al.*, (2008) señalan que el boniato contiene terpenos y compuestos fenólicos con actividad alelopática, así mismo Anaya y Espinosa,

(2006) refieren la presencia de tricolín A, compuesto que ha mostrado su efecto inhibitor sobre el crecimiento de arvenses; este compuesto pudiera estar presente en el grupo de metabolitos que obviamente a través del pesquisaje fitoquímico realizado es imposible detectar porque este no determina compuesto en específico.

Contrariamente a los resultados obtenidos en los residuos de frijol Tharayil (2009) detectó en el frijol negro la presencia de taninos, al parecer no se encuentran en las condiciones que puedan ser solubilizados y determinados por la prueba utilizada; sin embargo coincide con lo planteado con Keller *et al.*, (2008) y Alford *et al.*, (2009) al encontrar la presencia de fenoles, isoflavonoides y flavonoides.

En el girasol se mencionan gran diversidad de metabolitos secundarios que pertenecen en su mayoría al grupo químico que se muestra en la tabla 13. en especial los terpenoides fundamentalmente en los sesquiterpenos el compuesto heliannuoles y heliespironas con acción alelopático inhibitoria (Macías *et al.*, 2011) además de la detección de los grupos fenólicos: ácidos cinámico, cumarinas y flavonoides (Macías *et al.*, 2010).

En el cultivo de maíz García (2001) informa la presencia de saponinas, flavonoides, taninos y Oliveros *et al.*, (2009) señalan los fenoles entre otros compuestos que se producen en hojas, raíces y polen.

Todo lo anterior confirma la presencia en los resultados obtenidos de grupos de metabolitos secundarios en los residuos de boniato, frijol, maíz y girasol con

actividad alelopática como posibles responsables de la respuesta inhibitoria en las plantas de frijol común cv. 'Tomeguín 93-N'.

La determinación de compuestos orgánicos en las muestras de suelo (tabla 14) detectaron la presencia de compuestos químicos similares a los encontrados en los diferentes residuos excepto en los flavonoides y las saponinas que no son detectables en las muestras de suelo de boniato, frijol y maíz.

**Tabla 15.** Compuestos orgánicos presentes en los diferentes tratamientos en las muestras de suelo.

<b>T<sub>0</sub></b>	<b>Bi</b>	<b>Bc</b>	<b>Fi</b>	<b>Fc</b>	<b>Gi</b>	<b>Gc</b>	<b>Mi</b>	<b>Mc</b>
Aminas 1rias y 2darias (+)	Aminas 1rias y 2darias (+++)							
	Triterpenos y Esteroides (++)							
	Alcaloides (++)							
	Leucoantocianidinas (++)		Leucoantocianidinas (++)					

(+++) Cuantiosa

(++) Notable

(+) Leve

#### Simbología

T<sub>0</sub>: Suelo antes de comenzar el experimento.

G<sub>i</sub>: Suelo con residuos de girasol incorporado.

B<sub>i</sub>: Suelo con residuos de boniato incorporado.

G<sub>c</sub>: Suelo con residuos de girasol en cobertura.

B<sub>c</sub>: Suelo con residuos de boniato en cobertura

M<sub>i</sub>: Suelo con residuos de maíz incorporado.

F<sub>i</sub>: Suelo con residuos de frijol incorporado.

M<sub>c</sub>: Suelo con residuos de maíz en cobertura.

F<sub>c</sub>: Suelo con residuos de frijol en cobertura

Este comportamiento puede deberse a la naturaleza química de estos grupos de metabolitos que puedan ser volatilizados o lavados, al tiempo que estos

compuestos puedan ser liberados al suelo que impide el efecto residual en el mismo y la relación con los microorganismos del suelo que puedan degradarlos. En este sentido, Favaretto *et al.*, (2011) demuestran que las características físicas, químicas y biológicas de los suelos influyen en la disponibilidad cualitativa y cuantitativa de los compuestos alelopáticos aumentando o disminuyendo su actividad.

Los grupos químicos que se reflejan tanto en las muestras de suelo como en los residuos podrían diferir entre sí, al tener cadenas laterales y sustituciones en diferentes posiciones de su estructura que les confiere propiedades químicas y biológicas diferentes.

#### **IV.3.2 Identificación de los principales grupos fitoquímicos presentes en los extractos obtenidos con disolventes de diferente polaridad.**

Al obtener extractos en disolventes con diferente polaridad los compuestos que se encuentran en el material vegetal pueden ser separados en función de su solubilidad, además de actuar en distintos sitios o por el contrario no ejercer su acción (Espinosa, 2012).

Los resultados de la determinación de los metabolitos secundarios en extractos de boniato, frijol, girasol y maíz en disolventes de diferente polaridad se refleja en la tabla 16.

**Tabla 16.** Extractos de los diferentes residuos vegetales en disolventes de diferente polaridad.

	Hexano	Acetato de Etilo	Metanol	Agua
Boniato	Triterpenos y Esteroides (+) Alcaloides (+)	Fenoles libres (+) Triterpenos y Esteroides (+)	Fenoles libres (+) Triterpenos y Esteroides (+) Taninos (+) Alcaloides (+)	Flavonoides (+) Leucoantocianinas (+)
Frijol	Aminas 1rias y 2darias (+) Fenoles libres (+)	Fenoles libres (+) Triterpenos y Esteroides (+) Taninos (~) Alcaloides (~)	Fenoles libres (+) Triterpenos y Esteroides (++) Taninos (++) Alcaloides (++)	Flavonoides (+) Leucoantocianinas (++) Taninos (+)
Girasol	Triterpenos y Esteroides (~) Ácidos Grasos (+)	Fenoles libres (+) Triterpenos y Esteroides (+++) Alcaloides (+++)	Fenoles libres (+) Triterpenos y Esteroides (++) Taninos (++) Alcaloides (++)	Flavonoides (+) Fenoles libres (+) Alcaloides (++)
Maíz	Alcaloides (+)	Fenoles libres (+) Triterpenos y Esteroides (++) Taninos (+) Alcaloides (~)	Fenoles libres (+) Triterpenos y Esteroides (~) Taninos (+) Alcaloides (++)	Leucoantocianinas (~) Saponinas (++)

(+++): Cuantiosa      (++) : Notable      (+): Leve      (~): Muy Escaso      (-): No Detectado

De la tabla 16 se denota que entre los disolvente polares que extrajeron la mayor cantidad de metabolitos secundarios presentes en cada uno de los residuos vegetales en estudio están el acetato de etilo y el metanol; este último pudiera relacionarse con lo planteado por Jabeen *et al.*, (2011) que señalaron que el disolvente metanólico penetra eficientemente las membranas celulares, que permite la extracción de grandes componentes endocelulares. Cabe destacar que en este caso los compuestos obtenidos son similares en los diferentes extractos metanólicos aunque varían en las cantidades en que se

encuentran lo que pudiera estar en concordancia con la abundancia de estas sustancias en el material extraído.

Al analizar los resultados obtenidos de la extracción acuosa de los metabolitos secundarios presentes en los residuos vegetales; puede deberse a la mayor polaridad de las sustancias extraídas que se disuelven preferentemente en el agua por ser el solvente más polar; de ahí la diferencia con el resto de los disolventes polares. Tomando en consideración lo anterior se pudiera establecer una relación directa entre los niveles de detección de los metabolitos secundarios y la concentración del extracto.

#### **IV.3.3 Efecto de los extractos obtenidos en los disolventes de diferente polaridad sobre el frijol común**

A partir de la extracción de compuestos orgánicos de los residuos vegetales en disolventes de diferente polaridad sobre el frijol común (*P. vulgaris* L.) cv. 'Tomeguín 93- N' se determinó la germinabilidad (%), la supervivencia de las plantas (% de reducción) y la longitud del tallo (cm) (Tabla 17).

Los resultados muestran que cualquiera de los experimentos y variables estudiadas el control con agua difirió significativamente del resto de los tratamientos.

Con respecto a la germinabilidad, los experimentos de los residuos de residuos de boniato, frijol común y girasol extraídos con metanol (tratamiento 4) resultaron letales sobre las semillas de frijol común, excepto en los ensayos con

los residuos de maíz las extracciones en metanol arrojaron el 22,5% de germinación.

Tabla 17. Efecto de los diferentes extractos de los metabolitos presentes en los residuos vegetales sobre el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv 'Tomeguín 93-N'.

Tratamientos	Residuos vegetales			
	Boniato	Frijol	Girasol	Maíz
<b>Germinabilidad (%)</b>				
1	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
2	77,50 <sup>b</sup>	72,5 <sup>b</sup>	82,50 <sup>b</sup>	90 <sup>b</sup>
3	12,50 <sup>d</sup>	42,5 <sup>c</sup>	47,50 <sup>c</sup>	10,50 <sup>f</sup>
4	0,00 <sup>e</sup>	0,00 <sup>d</sup>	0,00 <sup>f</sup>	22,50 <sup>e</sup>
5	80 <sup>b</sup>	72,50 <sup>b</sup>	22,50 <sup>e</sup>	82,00 <sup>c</sup>
6	45,00 <sup>c</sup>	45,00 <sup>c</sup>	37,50 <sup>d</sup>	52,50 <sup>d</sup>
ESx	0,60 <sup>xxx</sup>	0,33 <sup>xxx</sup>	0,20 <sup>xxx</sup>	0,22 <sup>xxx</sup>
CV (%)	7,1	5,7	4,5	4,5
<b>Supervivencia (% de reducción)</b>				
1	0,00 <sup>f</sup>	0,00 <sup>d</sup>	0,00 <sup>d</sup>	0,00 <sup>f</sup>
2	20,00 <sup>d</sup>	10,00 <sup>c</sup>	20,00 <sup>c</sup>	20,00 <sup>e</sup>
3	27,50 <sup>e</sup>	12,50 <sup>c</sup>	20,00 <sup>c</sup>	27,50 <sup>d</sup>
4	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	37,50 <sup>c</sup>
5	30,00 <sup>c</sup>	15,00 <sup>c</sup>	15 <sup>c</sup>	50,00 <sup>a</sup>
6	40,00 <sup>b</sup>	32,50 <sup>b</sup>	30 <sup>b</sup>	40,00 <sup>b</sup>
ESx	0,34 <sup>xxx</sup>	0,23 <sup>xxx</sup>	0,28 <sup>xxx</sup>	0,35 <sup>xxx</sup>
CV (%)	8,7	12,0	10,6	5,6
<b>Longitud del tallo ( cm)</b>				
1	17,3 <sup>a</sup>	17,3 <sup>a</sup>	17,3 <sup>a</sup>	17,3 <sup>a</sup>
2	14,9 <sup>b</sup>	14,8 <sup>c</sup>	16,0 <sup>b</sup>	14,9 <sup>b</sup>
3	8,77 <sup>c</sup>	15,4 <sup>b</sup>	14,6 <sup>c</sup>	8,77 <sup>d</sup>
4	0,00 <sup>d</sup>	0,00 <sup>f</sup>	0,00 <sup>e</sup>	2,62 <sup>e</sup>
5	13,5 <sup>b</sup>	12,3 <sup>d</sup>	13,1 <sup>d</sup>	13,4 <sup>c</sup>
6	8,62 <sup>c</sup>	13,9 <sup>e</sup>	12,30 <sup>d</sup>	8,62 <sup>d</sup>
ESx	0,42 <sup>xxx</sup>	0,16 <sup>xxx</sup>	0,16 <sup>xxx</sup>	0,13 <sup>xxx</sup>
CV (%)	5,6	4,7	4,7	4,5

Letras iguales no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Tukey

Simbología: 1. Control con agua; 2. Extractos de los metabolitos en hexano; 3. Extractos de los metabolitos en acetato de etilo; 4. Extracto de los metabolitos en metanol; 5. Extractos de los metabolitos en agua y 6. Mezcla de todos los metabolitos, ESX: error estándar, CV: coeficiente de variación

Lo anterior reafirma la presencia de alcaloides, triterpenos y esteroides como responsable de este comportamiento.

En la supervivencia de las plantas (Tabla 17) en todos los ensayos realizados, los compuestos orgánicos extraídos en agua y la mezcla de todos los compuestos ocasionaron los mayores porcentajes de reducción en esta variable. Al parecer liberaron los más potentes compuestos y están presentes los grupos de aminos primarias y secundarias, fenoles libres, triterpenos, esteroides, alcaloides, taninos, flavonoides y leucoantocianidinas.

Es de señalar en los experimentos, los resultados obtenidos en el tratamiento de la mezcla de todos los compuestos orgánicos presentes extraídos con los diferentes compuestos de diferente polaridad reafirman lo planteado por Anaya y Espinosa (2006), al encontrar en una misma planta diversas mezclas de estas sustancias alelopáticas y que las mismas varían en su composición y abundan en las diversas células, tejidos y órganos.

Con relación a la longitud del tallo (tabla 17) en cada uno de los experimentos estudiados, los diferentes tratamientos difirieron significativamente del control con agua. Las menores longitudes fueron provocadas por las sustancias que fueron extraídas con acetato de etilo y la mezcla de todos los metabolitos en los experimentos de residuos de boniato y de maíz y en los de residuos de frijol y girasol fueron causados por las extracciones con agua y las de la mezcla de todos los metabolitos.

Otros estudios indican que la fitotoxicidad en el extracto metanólico del cultivo de boniato es debido a la presencia de alcaloides del tipo quinolizidinico (García, 2005); así mismo Núñez (2005), lo atribuye a la presencia de altos niveles de taninos que inhiben la germinación en las semillas de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch). Por otra parte, Torres *et al.*, (2008) detectaron niveles de taninos en el boniato que se comporta como antagonista de la giberelina en la síntesis de la amilasa que ocasiona inhibición en la germinación del frijol.

Respuesta similar a los resultados obtenidos en esta investigación fueron informados por Fajardo (2005), al detectar en extracción acuosa de girasol la presencia de fenoles, terpenos, además de esteroides y alcaloides; compuestos que son fuerte inhibidores en el crecimiento de las leguminosas, así mismo extractos acuosos de maíz inhibieron el crecimiento del frijol en presencia de alcaloides y saponinas (Andrade *et al.*, 2009).

Con estos resultados queda demostrado que los grupos fitoquímicos presentes en los residuos vegetales de boniato, frijol, girasol y maíz son químicamente reactivos capaces de penetrar en la célula del frijol común (*P. vulgaris*) cv. Tomeguín- 93N, que pudieran haber afectado varios procesos fisiológicos como la respiración, la fotosíntesis, germinación y el nivel hormonal que en definitiva repercutirá en la eficiencia del frijol común y en su rendimiento, lo que corrobora lo planteado por Naruzawa *et al.*,(2011) al señalar que los diferentes metabolitos secundarios donados por una planta, en dependencia del sitio de acción y la concentración que presenta con características alelopática

involucrada en el fenómeno pueden actuar en varios sitios del receptor y así será el nivel de afectación en la planta.

### **Consideraciones Generales de los resultados**

Realizando una valoración de los resultados de campo y en condiciones de laboratorio puede considerarse que en el Sistema Integrado de Cultivo (SIC) del frijol común cv. 'Tomeguín 93- N' el efecto de los residuos de boniato, frijol, girasol y maíz ya sea incorporado o en cobertura a partir de la liberación al medio de los metabolitos secundarios ocasiona la disminución de los parámetros de crecimiento, desarrollo y el rendimiento del cultivo.

En la sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas la conjugación de estos resultados afectan negativamente la dimensión ambiental, social y económica. Desde el punto de vista ambiental se manifiesta a partir de la liberación de aleloquímicos al medio circundante que dañan el ambiente donde se desarrollan las plantas reduciendo tanto el porcentaje de las que sobreviven a dicho efecto como ocasionando plantas con menos crecimiento. Sin embargo, ecológicamente los resultados evidencian en los residuos de girasol un efecto regulador sobre las Cyperaceas, lo que manifiesta que es posible minimizar los riesgos con la actividad antrópica.

Por otra parte, enfatiza en la repercusión que en lo social ocasionan debido al alargamiento del ciclo de vida útil de la planta que trae consigo una cosecha tardía y por consiguiente una afectación en el orden de realización del producto final a la sociedad; por tanto imponen escoger la tecnología más conveniente en

el manejo de los residuos en función de la sostenibilidad del sistema con la consecuente ampliación de los horizontes sociales.

En lo económico implica el incremento del costo unitario hasta 2378 \$.ha<sup>-1</sup> y el efecto negativo en pesos dejados de ingresar por la influencia de los residuos aproximadamente entre 14 287,26 – 26 580,40 \$.ha<sup>-1</sup>.

## CONCLUSIONES

- Residuos de girasol, frijol, maíz y boniato incorporados o en cobertura a razón de 3 t.ha<sup>-1</sup> con 15 días de preparación del suelo, ejercen un efecto inhibitorio en las variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento del frijol común, cv. 'Tomeguín 93- N y cv. 'CC 25-9N'.
- Extractos acuosos de girasol, frijol, maíz y boniato afectaron negativamente la germinación y crecimiento inicial de las plántulas de frijol común cultivar 'Tomeguín 93 – N', con un efecto directamente proporcional a las diluciones utilizadas.
- Los principales grupos de familias fitoquímicas con efecto negativo sobre las plantas de frijol común encontrados en los residuos de girasol, frijol, maíz y boniato son similares en cuanto a su naturaleza química: aminas primarias, secundarias, fenoles libres, triterpenos, esteroides, alcaloides, taninos, flavonoides y leucoantocianidinas, aunque varía su concentración.
- Los rendimientos del frijol común cultivar 'Tomeguín 93 – N' fueron más afectados por las sustancias aleloquímicas liberadas al suelo por el girasol, seguido del frijol, boniato y maíz, atribuible a las concentraciones de las mismas, lo cual se tradujo en efectividades económicas muy bajas en el sistema integrado del cultivo cv. 'Tomeguín 93- N'.

## RECOMENDACIONES

- Las Empresas productoras de frijol, deben tomar en consideración que 3 t.ha<sup>-1</sup> de residuos de girasol, frijol, maíz y boniato y 15 días de preparación de suelos, afectan económicamente los rendimientos en el cv. 'Tomeguín 93 – N'.
- Evaluar otras cantidades y tiempos de descomposición de residuos de cosechas de girasol, frijol, maíz y boniato a ser incorporados al sistema integrado de frijol común
- Incorporar los resultados de la Tesis, con vistas a ser utilizados en el proceso docente, así como en la actualización continua de las Instrucciones técnicas para el frijol común cv. 'Tomeguín 93 – N'.
- Continuar las investigaciones que permitan determinar las sustancias responsables de la acción alelopática de dichas plantas sobre el frijol común cv. 'Tomeguín 93 – N'.

## Bibliografías

1. Agüero, Y., Santiestebán, R., Tamayo, E. y Batista, D. (2013). Comportamiento de 16 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos sialítico de la provincia Granma. *Revista Granma Ciencia*, 17 (2), 10-14.
2. Aguilar, C. (1992). Modelos de simulación. Una herramienta de análisis de sistemas para la resolución de problemas agrícolas. En: Seminario Latinoamericano de Sistemas en Producción Animal (CET- CLADES). 154p.
3. Aguilar, G., Peña, C., García, R., Ramírez, P. y Molina, J. (2012). Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencias*, 43 (6), 43-50.
4. Alfonso, L., Aviles, R., Chailloux, M., Benito, A., Giralt, E. y González, M. (2000). Guía Técnica para el cultivo del frijol en Cuba. Mayabeque, Cuba: Instituto de Investigaciones Liliana Dimitrova.
5. Alfonso, M., Villasana, R., Lorenzo, Y., Alvarez, M., Pérez, D. y Urranga, H. (2005). Análisis fitoquímico de cinco plantas con actividad alelopática. En: XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas. Varadero, Matanzas, Cuba: ALAM.
6. Alford, E., Vivanco, J. y Paschke, M. 2009. The effects of flavonolallelochemicals from knapweeds on legume-rhizobia candidates for reforestation. *Ecology*, 17(4), 506-514.
7. Alias, J. (2006). Influencia de factores climáticos en la síntesis y actividad de compuestos fitotóxicos secretados por *Citrus ladanijer* L. Tesis de Doctorado. Extremadura, España, Universidad de Extremadura.
8. Almeida, F. (1987). Saiba o que e alelopatis. *Lavoura Aroceira*, 40 (375) 13-23.
9. Almeida, L. (2008). In vitro allelopathic potential of *Leonurus sibiricus* L, leaves. *Journal of Plant Interactions*, 3 (1), 39-48.
10. Al-Naib, F. y Rice, E. (1971). Allelopathic effects of platanus occidentales. *Bull. Torrey Bot Club*, 98 (23), 75-82.
11. Alsaadomi, J. y Al, M. (2005). Allelopathic potential of *Leonurus sibiricus* L. leaves. En: World Congress on Allelopathic. Australia: IAS.
12. Alves, L., Oliveira, P., Franca, S., Alves, P. y Pereira, P. (2011). Atividade alelopática de extractos aquosos de plantas medicinaes na germinação de *Lactuca sativa* L. e *Bidens pilosa* L. *Revista Plantas Medicinaes*, 13 (3), 328-336.
13. Anaya, M. y Espinosa, R. (2006). La química que entreteje a los seres vivos. México: Ciencias 83.

14. Andrade, H., Bittencourt, A. y Vestena, S. (2009). Potencial alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre especies cultivadas. *Ciencia Agrotecnia*, 33 (1), 1984-1990.
15. Annegowda, H., Ween, C., Mordi, M. y Mansor, S. (2010). Evaluation of phenolic content and antioxidant property of hydrlised extracts of *Terminalia catappa* L. leaf. *Journal Plant of Sciences*. 9(8), 479-485.
16. Araya, R. y Hernández, J. (2007). Protocolo para la producción local de semillas de frijol. Programa colaborativo de fitomejoramiento participativo en Mesoamerica. Alayuela. p. 60.
17. Arévalo, E., Bertoncini, E., Salgado, G. y Rossi, F. (2009). Alelopatía de *Cyperus rotundus* L. en *Saccharum spp* cv. IAC- SP 93-6006. *Rev. Fitosanidad*, 13 (3), 193-196.
18. Arévalo, R., Bertoncini, E., Aranda, E. y González, T. (2011). Alelopatía en *Saccharum spp* (caña de azúcar). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15 (1), 51-60.
19. Barrios, E., López, C., Kobashi, J., Acosta, J., Miranda, S. y Mayek, N. (2012). Rendimiento de semilla y sus componentes en frijol flor de Mayo en el centro de México. *Agrociencia*, 44 (4), 481-489.
20. Bashir, U.,Javaid, A. y Bajwa, R. 2012. Efectos alelopáticos de residuos de girasol sobre crecimiento de arroz y cultivo subsecuente. *Chilean Journal of Agricultural research*. 72(3), 326-331.
21. Bertalanffy, V. 1968. *General systems theory: Foundations, development, applications*. George Braziller. Nueva York. 311p.
22. Blair, M., Pantoja, W. y Hidalgo, R. (2007). Diversidad de faselina en frijol común cultivado del caribe. *Acta Agron. (Palmira)*, 56 (4), 171-176.
23. Blanco, Y. y Leyva, A. (2011). Determinación del período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo del frijol. *Cultivos Tropicales*, 32 (2), 11-16.
24. Blanco, Y., Hernández, I., Urra, I. y Leyva, A. (2007). Potencial alelopático de diferentes concentraciones de extractos de girasol (*Helianthus annuus* L.), maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 28 (3), 5-9.
25. Bowen, J. (1991). Las alelopatías en la producción agrícola. *Agricultura de las Américas*, 40 (1), 8-11.
26. Cameron, D., Weston, L. y Wolfe, D. (2011). Phytotoxicity and potential allelopathy in *Cynanchumrissicum* and *Cynachumnigrum* invasive. *Plant Science and Management*, 4 (1), 133-141.
27. Cardozo, S. (2005). Efectos de los extractos de plantas sobre las características de fermentación microbiana ruminal en sistemas in vitro e in vivo. Tesis de Doctorado. Barcelona, España, Universidad Autónoma de Barcelona.
28. Castillo, N. y González, C. (2008). Comportamiento poblacional de insectos fitófagos en el unicultivo de frijol (*Phaseolusvulgaris*L.) y en

la asociación con maíz (*Zea mays* L.). *Protección Vegetal*, 23 (3), 154-155.

29. Chaniago, I., Taji, A., Kristiansen, P. y Jessop, R. (2008). Soybean root - tip - cell mitosis under the influence of aqueous extracts of the three weed species. *Journal Akta*, 11 (1), 26-30.
30. Cheng, B., Peng, S. y Ni, G. (2009). Effects of the invasive plant *Mikaniamicrontha* H,B,K on soil nitrogen availability through allelopathy in South China. *Biological Invasions*. 11(3), 1291-1299.
31. Chou, S. y Boo, H. (2005). Difference in allelopathic potential as influenced by root periderm colour of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.). *Journal Agronomy and CropScience*, 191 (1), 75-80.
32. CIAT. (2004). Importancia del frijol [en línea]. Colombia. Disponible en: <http://www.CIAT.cgiar.org/about.ciat/acerca/cultivos.html> [Consulta: 26 enero 2012].
33. Cochran, W. y Cox, G. (1990). *Diseños experimentales*. México: Trellas.
34. Cordovés, D. (2013). La eficiencia económica en la producción de frijol, como imperativo para la sustitución de importaciones. Estudio de caso. Empresa Agropecuaria de Batabanó. *Anuario Ciencia de la UNAH*.
35. Cordovés, D y Bez, J. (2014). La extensión agraria como interfase de la gestión de la innovación (en línea). España. Disponible en <https://www.eae-publishing/> consulta 2 de octubre 2014.
36. Crovetto, C. (2002). *Rastrojos sobre el suelo: Una introducción a la cero labranza*. Santiago de Chile, Chile.
37. Cruz, E. (2000). *Desarrollo de los Sistemas Agrícolas Sostenibles*. Embrapa. Brasil: FAO.
38. Cruz, J. (2012). *Extractos acuosos y residuos de Ipomoea batatas L. (Lam) sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas*. Maestría.UCLV.
39. Cuba. (2007). *Manual de funciones de la red de Estaciones Territoriales de Protección de Plantas*. MINAG. La Habana. Cuba
40. Curtis, J. y Cottan, C. (1950). Antibiotic and autotoxic effects in prairie sunflower. *Bull. Torrey Bot. Club*, 77 (3), 187-191.
41. Díaz, E. (2011). Light attenuation radiation intercepted, and yield of maize as a function of phosphorus. *Terra Latinoamericana*, 29 (1), 65-72.
42. Dilday, R., Smith, E., Semidey, R. y Frans, R. (1992). Weed control with crop. *Allelopathy*, 41 (4), 14-15.
43. Dorneles, A. y Hernández, L. (2008). Interferencia alelopática de *Raphanus raphanistrum* L sobre a germinação de *Lactuca sativa* L e *Solanum lycopersicum* L. *Ciencia Rural*, 38 (4), 949-953.

44. Duffau, B., Rojas, F., Guerrero, I. y Soto, M. (2011). Guía Técnica 1. Validación de método y determinación de la incertidumbre de la medición. Aspectos generales sobre la validación de métodos. Santiago de Chile. p. 70.
45. Duke, S. (2007). The emergence of grass root chemical ecology. Proc. Nat. Acad of Science - PNAS - USA, 104 (3), 16964-16969.
46. Ens, E., French, K., Bremmer, J. y Korth, J. (2010). Novel technique shows different hydrophobic chemical signatures of exotic and indigenous plant soils with similar effects of extracts on indigenous species seedling growth. Plant and soil, 326 (11), 403-414.
47. Escoto, N. 2011. El cultivo del frijol. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, DICTA. Tegucigalpa. Honduras.
48. Espinosa, R. (2012). Efecto alelopático de *Terminalia catappa* L. sobre hongos fitopatógenos del suelo *Rhizoctonia solanii* Kuhn y *Sclerotium rolfsii* Sacc. Tesis de Doctorado. Santa Clara, Cuba, UCLV.
49. Fajardo, C., Puentes, M., Torres, S., Fierro, A. y Espinosa, R. (2005). Efecto alelopático de extracto acuoso de girasol (*Helianthus annuus* L) en la germinación y desarrollo de maleza en diferentes épocas del año. Tesis de Maestría. Santa Clara, Cuba, UCLV.
50. Fang, X., Turner, G., Yan, F. y Siddique, M. (2010). Flower numbers, pollen viability and pistil function are reduced and flower and bortion increased in check pea (*Cicer arietinum* L.). Journal Botanic, 61 (2), 335-345.
51. FAO. (2010). Estadísticas sobre cultivos, los conceptos, las definiciones y las clasificaciones [en línea]. Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/es/ess/rmcrops.asp> [Consulta: 27 diciembre 2012].
52. FAO.(2009). World summit on food security [en línea].Roma.Disponible en: [www.fao.org/wsfs/world-summit/](http://www.fao.org/wsfs/world-summit/) [Consulta: 10 enero 2013].
53. Farming Small Areas.(2009). Vigorous toxic threat.Rural Press, 10 (3), 17.
54. Faure, B., Benítez, R., Chaveco, O. y Rodríguez, O. (2013). Guía Técnica para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Granos.
55. Favaretto, A., Scheffer, S. y Vanderleia, F. (2011). Growth of white clover seedlings treated with aqueous extracts of leaf and root of tough lovegrass. Revista Brasileira de Zootecnia, 40 (6), 1168-1172.
56. Fernández, L (2014). Catálogo de variedades. INIFAT. 163p
57. Ferreira, A. y Aguila, M. (2000). Alelopatía:Uma área emergente da ecofisiologia. Rev. Bras. Fisiol. Veg, 12 (6), 175-204.
58. Fischer, N. (1994). The role of allelopathy.Journa lChemical.Ecology, 20 (13), 1380.

59. Garbarino, J. (2003). Metabolismo secundario y quimiotaxonomía de especies chilenas de la familia Schrophylariaceae [en línea]. Chile. Disponible en: <http://www.conicyt.cl/cgi-bin/rut.cgi?> [Consulta: 19 octubre 2005].
60. García, M., Pérez, L., Soto, H., Peña, V. (2005). Plantas con actividad alelopática: fuente de herbicidas naturales. Proyecto. INISAV. La Habana, Cuba
61. García, R. (2001). Utilización del potencial del maíz (*Zea mays* L.) como alternativa no contaminante para el combate de malezas. Tesis de Maestría. Mayabeque, Cuba, UNAH.
62. Gatti, A., Perez, S. y Lima, M. (2004). Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntz en a germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. Acta Botanica, Sao Paulo, 18 (3), 459-472.
63. Gepts, P. (2010). Herramienta genómica para el mejoramiento del frijol común. Curso -Taller. En: Genética y Mejora de Frijol. Guatemala: Programa Genoma- CYTED.
64. Ghassemi, K., Ghanenphoor, S. y Mohammadi, N. (2009). Effects of water limitation on growth and grain filling of faba bean cultivars. Journal Agricultural Environment, 7(1), 442-447.
65. Gliessman, R. (2009). Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
66. Gomes, J. y Christoffoleti, P. (2008). Biología e manejo de plantas danhinas en áreas de plantiodireto. Planta Daninha, 26 (4), 789-798.
67. González, A. (2010). Suelos, riego y atenciones culturales: el trinomio perfecto para el cultivo del frijol. Periódico Trabajadores, 22 de marzo.
68. González, O., Fernández, A., Fraga, Y., Pino, B., Hernández, M. y Silva, J. (2007). Evaluación de la estabilidad genética mediante marcadores rápidos en plantas de *Ipomoea batatas* L. Cultivos Tropicales, 28 (2), 39-43.
69. Hadacek, F. (2002). Secondary metabolites as plant traits: current assessment and future perspectives. Plantscience, 21 (9), 273-322.
70. Harbone, J. (1985). Introducción a la bioquímica ecológica. Argentina: Alambra.
71. Harper, J. (1977). Population biology of plants. London: Academic Press.
72. Harrison, H. y Peterson, K. (1986). Allelopathic effects of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) on yellow nutsedge (*Cyperus sculentus*) and alfalfa (*Medicago sativa*). Weed Science, 34 (3), 623-627.
73. Harrison, H. y Peterson, K; Snook, E. (2006). Sweet potato storage root phenolics inhibit in vitro of *Erwinia chrysanthemum*. Allelopathy Journal, 17 (2), 81-88.

74. Harwing, N. y Ammon, H. (2002). Cover crops and living mulches. *WeedScience*, 50 (3), 688-699.
75. He, W., Feng, Y., Ridenour, W., Thelen, G y Pollock, J. (2009). Novel weapons and invasion: biogeographic differences in the competitive effects of *centaurea maculosa* and its root exudates. *Oecología*, 159 (3), 803 – 815.
76. Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D y Rivero, L. (1999). Nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba. AGRINFOR, La Habana.
77. Hernández, M. (2007). Actividad alelopática de *Wedelia trilobata* (L) Hitch e *Ipomoea batatas* (L) Lam sobre malezas y cultivos hortícolas. Tesis de Maestría. Santa Clara, Cuba, UCLV.
78. Hidalgo, W. (2009). Exploración de las relaciones estructura- actividad de compuestos tipo perinaltenona en el sistema biológico *Mycosphaerella fijiensis*. Tesis de Maestría. Medellín. Colombia. UNAL.
79. Hoffman, C. (2007). Atividade alelopática de *Nerium oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott y semillas de *Lactuca sativa* L. e *Bidens pilosa* L. *Agroveterinarias*, 6 (1), 11-21.
80. Huang, D., Deren, C., Chen, H. y Huelinn, Y. (2004). Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) tainong 57 constituents. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 45 (3), 179-186.
81. Hui, Z; Wang, Q; Ruan, X. (2010). Phenolics and Plant Allelopathy. *Molecules*. 15 (1). 8933-8952.
82. Ibrair, R. y Azim, M. (2007). Sunflower summer legumes intercropping systems under rainfed conditions: yield components. *Journal Agricultural*, 17 (3), 6-11.
83. Igartuburu, M. y Falcón, A. (2000). Alelopatía en agroecosistemas. En: XII Seminario- Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba: INCA.
84. Inderjit, J. (2006). Experimental complexities in evaluating the allelopathic activities in laboratory bioassays: A case study. *Soil Biology and Biochemistry*. 38 (1). 256- 262.
85. Inderjit, J. y Duke, S. (2003). Ecophysiological aspects of allelopathy. *Plant and soil*, 256 (25), 1-11.
86. Inderjit, J. y Kesting, J. (1999). Allelopathy. Principles, procedures, progress and promises for biological control. *Adv. Agron*, 67 (20), 141-231.
87. Inderjit, J. y Olofsdotter, M. (2002). Joint action of phenolic acid mixtures and its significance in allelopathy research. *Physiologia Plantarum*, 114 (3), 422-428.
88. Infoagro. (2008). Fisiología del cultivo del maíz [en línea]. México. Disponible en: <http://www.infoagro.com/granos/maíz.htm> [Consulta: 11 enero 2013].

89. Jabeen, N., Ahmed, M. y Shaukat, S. (2011). Interactive activity of *Asphodelu stenifolius* on germination and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal Botanic*, 41 (4), 1677-1683.
90. Jarchow, M. y Cook, M. (2009). Allelopathy as mechanism for the invasion of *Thypha angustifolia*. *Plant Ecology*. 204(3), 113-124.
91. Keller, C., Barkosky, R. y Seil, J. (2008). The electrical response of *Phaseolus vulgaris* roots to abrupt exposure to hydroquinone. *Plant Signaling Behaviour*, 3 (9), 633-640.
92. Khan, M., Dangles, O. y Chemat, F. (2010). Ultrasound\_ assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.). *Food Chemical*, 119 (12), 851-858.
93. Kobayashi, A., Morimoto, S., Shibata, Y., Yamashita, K. y Numata, M. (1980). C-10 p Poliacetylenes as Allelopathic substances in dominants in early stages of secondary succession. *Journal Chemical Ecology*, 6 (1), 119-131.
94. Kobayayasaki, K. (2004). Factors affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. *Weed Biology and Management*, 4 (2), 1-7.
95. Labrada, R. (1987). Alelopatía de malezas perennes sobre distintas plantas cultivables. *Protección de Plantas*, 9 (4), 71-73.
96. La O; Paredes, E; García, R. 1992. Metodología para el registro de enyerbamiento. *Fitosanidad*. 2: 63-67.
97. Laynez-Garsaball, J. y Méndez-, J. (2007). Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.). *Rev. Perú biol*, 14 (1), 25-28.
98. León, P. y Ravelo, R. (2010). *Fitotecnia General aplicada a las condiciones tropicales*. 416 p. La Habana: Félix Varela. ISBN.978-959-07-1522-8.
99. Lerch, G. (1977). *La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas*. 22-25 p La Habana: Científico- Técnico.
100. Leyva, A. (2007). *Abonos verdes. Reflexiones sobre la agroecología en Cuba*. 123-137. ISBN.978-9597023-8
101. López, J. (2009). El maíz fuente de la vida [en línea]. México. Disponible en: <http://www.cmhw.co.cu/noticia.asp?auid=8049> [Consulta: 19 septiembre 2012].
102. Lorenzo, P. (2010). Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Ecosistemas*, 19 (1), 79-91.
103. Lorenzo, P., Pazos, E., Gonzalez, L. y Reigosa, M. (2008). Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata*: physiological effects. *Allelopathy Journal*, 22 (2), 64-76.
104. Loreto, F. (2009). One species, many terpenes: matching chemical and biological diversity. *Plant Biol*, 14 (2), 416-420.

105. Macías, F., Castellanos, D. y Molinillo, J. (2000). What are allelochemicals. *Journal Agricultural*, 25 (13), 2512-2521.
106. Macías, F., Galindo, J. y Galindo, C. (2007). Evolution and current status of ecological phytochemistry. *Phytochemistry*, 68 (21), 291-293.
107. Macías, F., Lacret, R., Nogueiras, C. y Molinillo, J. (2010). Isolation and phytotoxicity of terpenes from *Tectona grandis*. *Journal Chemical Ecology*, 36 (4), 396-404.
108. Macías, F., Lacret, R., Simonet, R. y Nogueiras, C. (2008). New diterpenes from leaves of *Tectona grandis*. *Phytochemistry*, 55 (4), 126-134.
109. Macías, F., Oliva, R., Simonet, A. y Galindo, J. (1998). What are allelochemicals?. En: M, O. Allelopathy in rice: Proceedings of workshop on allelopathy in rice. Manila, IRRI.
110. Madhu, D., Rekha, H., Shyloja, M. y H, P. (2011). Biochemical events involved in downy mildew disease resistance in pearl millet in relation to H ATPase. *Phytopathology and Plant Protection*, 44 (1), 17-27.
111. Mageiro, E., Assman, J. y Tressi, M. (2009). Efeito alelopático de *Artemisa annua*, L na germinação e desenvolvimento inicial de plantas de alfaca (*Lactuca sativa*, L) e leitero (*Euphorbia heterophylla* L). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 11 (3), 317-324.
112. Makoi, J. y Ndakidemi, P. (2007). Biological, ecological agronomic significance of plant phenolic compounds in rhizosphere of the symbiotic legums. *AfricJournal of Biotechnology*, 6 (121), 1358-1368.
113. Marrero, V. (2000). Desarrollo y validación de variedades y tecnologías para el manejo sostenible de los sistemas de producción de frijol. Programa Nacional de Producción de Alimentos por métodos sostenibles. Proyecto 00200100. IIHLD. Mayabeque. Cuba.
114. Martín, N. (2010). Tabla de interpretación de análisis de suelo. 3-5p Mayabeque, Cuba: UNAH.
115. Mederos, D. (2002). Evaluación de organismos asociados e indicadores productivos en el sistema frijol-maíz con diferentes manejos de enmalezamiento. Tesis de Doctorado. Mayabeque, Cuba, UNAH.
116. Mederos, Y. (2006). Indicadores de calidad en el grano del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 27 (3), 55-62.
117. Méndez, M. (2004). Efecto alelopático de diferentes etapas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre su brotación y crecimiento inicial. Trabajo de Diploma. UNAH.
118. MINAG. (2009). Guía Técnica para el cultivo del frijol en Cuba. 2da. ed. La Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura.
119. MINAG. (2010). Guía Técnica del cultivo de frijol común. PALCOGRAF. La Habana. Cuba

120. MINAG. (2012). Informe Anual de Cultivos Varios. Grupo Empresarial de la Agricultura. Mayabeque, Cuba: Instituto de Investigaciones de Granos.
121. Ministerio de Finanzas y Precios. (2013). MFP Resolución No. 366. Anexo 1:13 Precios de acopio para productos agrícolas en el campo o almacén del productor, centralizado en el Ministerio de Finanzas y Precios. Cuba.
122. Molish, H. (1937). Der e influsse ine pflanze auf die andere: Allelopathie. Jena: Gustav Fisher.
123. Moraes, P., Agostinetto, D. y Panozzo, L. (2009). Manejo de plantas de cobertura no controle de planta daninhas na cultura do milho. *Planta Daninha*, 27 (2), 289-296.
124. Morales, E., Escalante, J., Tijerina, C. y Sosa, M. (2008). Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol- frijol. *Terra*, 24 (2), 55-64.
125. Muller, C. 2009. Role of glucosinolates in plant invasiveness. *Phytochemistry*, 8 (1), 227-242.
126. Narazawa, E. (2011). Atividade antifúngica de extratos de plantas do cerrado brasileiro sobre *Coletotrichum gloesporoides* e *Corynespora cassicola*. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13 (4), 34-41.
127. Ndakidemi, P. y Dakora, F. (2003). Legume seed flavonoids and nitrogenous metabolites as signals and protectores in early seedling development. *Functional Plant Biol*, 30 (15), 729-745.
128. Nogueiras, C., Spengler, I., Guevara, J., Ortiz, Y., Torres, S. y González, T. (2010). Contribution to the phytochemical study and biological activity of plants of Cuban flora. *Biotecnología aplicada*, 27 (4), 315-318.
129. Nova, A. y García, A. (2013). Frijol en el mundo y Cuba: producción, tecnología y tendencias [CD-ROM]. Cuba.
130. Nuñez, A. (2005). Alternativas para el control integrado de malezas mediante la aplicación de la alelopatía. La Habana: Grupo Empresarial de Tabaco. Tabacuba.
131. Oliveros-, M., Macías, F., Carrera, C., Marín, D. y Molinillo, J. (2009). Exudados de la raíz y su relevancia actual en las interacciones alelopáticas. *Quím. Nova*, 32 (1), 198-213.
132. Olofsdotter, M. (1998). Allelopathy in rice. Makati city, Philipines: Int. Rice. Res. Inst.
133. Olofsdotter, M. y Mallik, A. (2001). Allelopathy Symposium. *Agronomy Journal*, 93 (35), 1-2.
134. ONE. (2013). Rendimiento agrícola por cultivos seleccionados de la agricultura no cañera. Informe sobre los rendimientos de los cultivos varios. La Habana, Cuba. pp. 5-7.

135. Ortega, Y., Agüero, M. y Alvarado, R. (2005). Efecto de la cobertura de rastrojos en la germinación del arroz (*Oryza sativa* L) y principales malezas asociadas. *Agronomía Mesoamericana*, 16 (1), 51-61.
136. Ortiz, H., Sánchez, W., Murillo, E. y Méndez, J. (2009). Potencial antioxidante de hojas y corteza de *Bauhinia kalbreyeri* Harms: Contribución de sus flavonoides en esta actividad. *Revista Tumbaga*, 4 (1), 43-58.
137. Perea, C., Allen, J., Wriht, D. y Singh, P. (2007). Selection for draught resistance in dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal*, 99 (6), 1458-1462.
138. Pereira, B., Rissia, S. y Serrat, B. (2008). Alelopatía intraespecífica de extratos aquosos de folha e raizes de alfalfa na germinação e no crescimento inicial de plantas de dois materiais de alfalfa: crioula e melhorada. *Ciencia Rural*, 38 (2), 561-564.
139. Pérez, F. (1990). Alelopatías: Interacciones químicas entre plantas. *Revistas Creces*, 7 (1), 22-27.
140. Pfdusteína, B., Hullc, W., Erbenc, G., Owena, R. (2010). Polyphenic compounds in the fruits of Egyptian medicinal plants (*Terminalia chebula* and *Terminalia horrida*): Characterization, quantification and determination of antioxidant capacities. *Phytochemistry*, 71(10), 1132-1148.
141. Phen, S., Olofsdotter, M., Jhan, G. y Adkins, S. (2010). Use of phytotoxic rice crop residues for weed management. *Weed Biology Manage*, 10 (2), 176-184.
142. Phen, S., Olofsdotter, M. y Adkins, S. (2012). Potential allelopathic rice lines for weed management in Cambodian rice production. *Weed Biology Management*, 94 (2), 259-266.
143. Pretty, J., Suitherland, W., Ashby, J., Funes, F. y Muller, A. (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8 (4), 219-236.
144. Puentes, M. y Del Toro. (2010). Efecto de compuestos volátiles procedentes de extractos de residuos de arroz en la germinación y crecimiento de *Solanum lycopersicum* (Mill). *Centro Agrícola*, 37 (4), 89-90.
145. Puentes, M., Torres, S. y Van, P. (2006). Alelopatía y sustancias bioactivas. Efecto alelopático de *Phyllanthus* sobre la germinación y crecimiento de cultivos. *Centro Agrícola*, 33 (2), 24-26.
146. Puentes, M., Torres, S., Fajardo, S., Rodríguez, G. y Corona, P. (2003). Efecto alelopático de extractos acuosos de girasol (*Helianthus annuus* L.), sobre la germinación y desarrollo de maleza bajo diferentes condiciones climáticas. *Centro Agrícola*, 30 (1), 10-13.
147. Putnam, A. (1987). Allelopathy in agroecosystems. *Annual Review Phytopathology*, 11 (6), 431-451.

148. Quintana, N., Kassis, E., Sterniz, F., Vivanco, M. 2009. Phytotoxic compounds from roots of *Centaurea diffusa* L. *Plant signaling and Behaviour*, 4(1), 9-14.
149. Reigosa, M., Souto, C. y González, L. (1994). *Allelopathy*. En: Narvael, S. y Tauro, P. *Field observations and methodology*. Jodhypur, Scientific publisher.
150. Rice, E. (1984). *Allelopathy*. Orlando, USA: Academic Press.
151. Rice, E. (1992). *Allelopathic effects on nitrogen cycling*. En: Rizvi, I. *Allelopathy. Basic and applied aspects*. London, Chapman.
152. Rice, E. y Pancholy, S. (1974). Inhibition of nitrification by climax Ecosystem II Additional evidence and possible role of tannis. *Am. J. Bot*, 60 (25), 691-702.
153. Richardson, D. (1998). *Allelopathic effects of shrubs of the sand pine scrub on pines and grasses of the sandhels*. *Science*, 34 (12), 592-605.
154. Ricki, H., Texeira, A., Siberti, P. y Hutt, D. (2011). Efeito alelopático de extrato aquoso de folhas de *Azadirachta indica* A. Juss: em alface, milho, feijao e picao - preto. *Ciencias Agrarias*, 32 (2), 473-484.
155. Rodríguez, E., Pérez, P., Grande, O. y Torres, M. (2013). *Guía Técnica para la producción de maíz (Zea mays L.)*.
156. Rodríguez, G. (2014). Informe presentado en la VIII Legislatura de la Asamblea Nacional del Poder Popular. Ministro de la Agricultura. Asamblea Nacional, República de Cuba: Cubavisión.
157. Rodríguez, O. (2000). Programa Cooperativo Regional de frijol para Centro América y el Caribe, México y el Caribe PROFRIJOL. PNUD.
158. Rodríguez, S. (2009). Organismos del suelo: la dimensión ide las invasiones por plantas no nativas. *Ecosistemas*, 18 (2), 32-43.
159. Rodríguez, Y., Paredes, E., Oviedo, R., Gutierrez., J. (2014). *Manejo de Arvenses en cultivos agrícolas de Cuba*. CENDA. ISBN. 978-959-7111-63-4.
160. Rondina, R. y Coussio, J. (1969). Estudio fitoquímico de plantas medicinales argentinas. *Revistas de Investigaciones Agropecuarias*, VI (22), 10-12.
161. Rosado, R., Rodríguez, H., Pinto, J. y Bertolucci, S. (2009). Alelopatia do extrato aquoso e do óleo essencial de folhas de manjerariacao "María Bonita" na germinação de alface, tomate, e melissa. *Revista Brasileira de plantas medicinales, Botucatu*, 11 (4), 422-428.
162. Roy, S., Arunachalam, K., Kumar, D. y Arunachalam, A. (2010). Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops. *Zea mays L., Phaseolus vulgaris L. and Abelmoschus esculentus L.* *Ecology soil*, 45(2), 78-84.

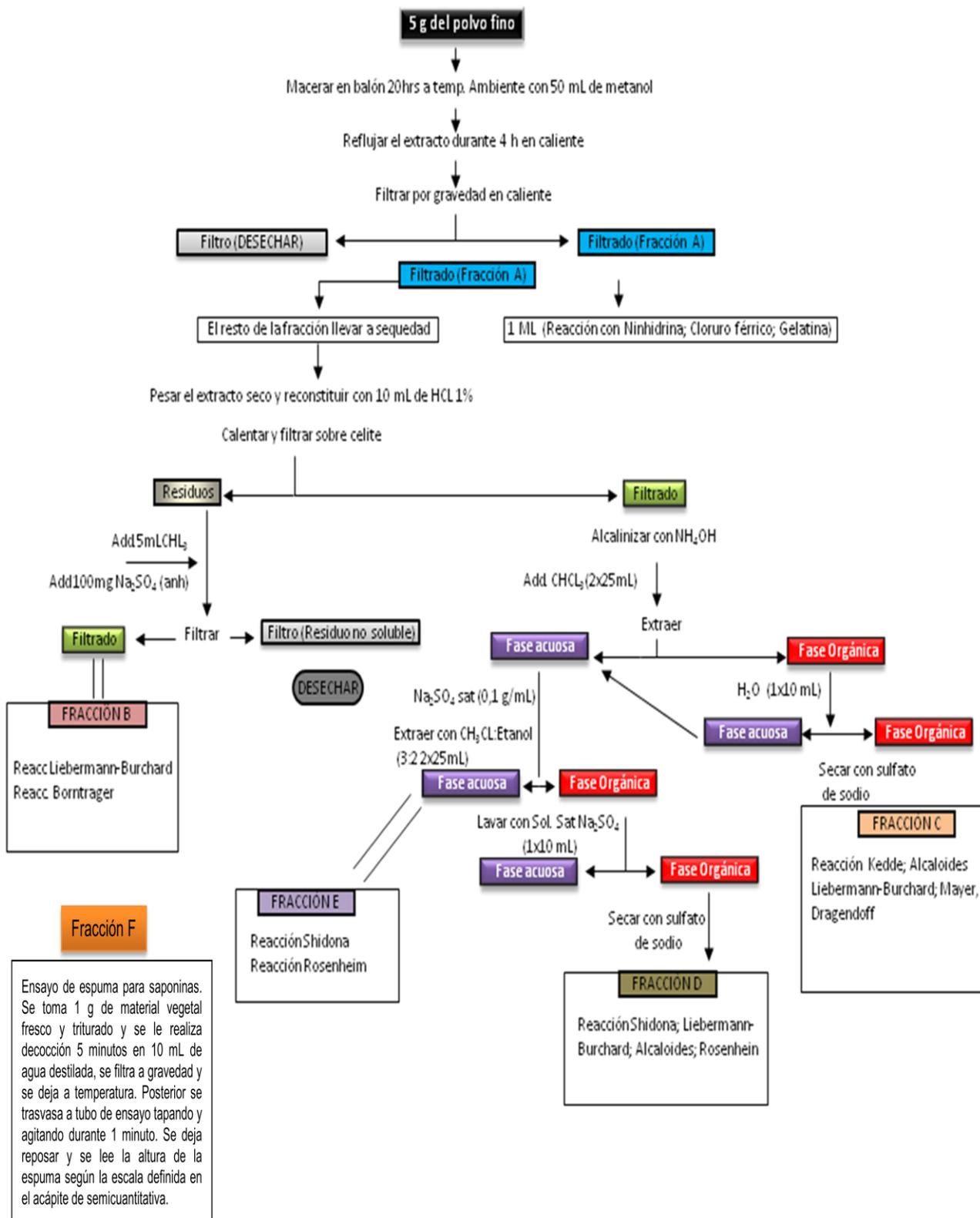
163. SAGARPA. 2008. Sistema producto frijol. Documento validado por el comité sistema producto frijol. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. México.
164. Samprieto, D. (2004). Alelopatía. Concepto. Características. Metodología de estudio e importancia [en línea]. Argentina. Disponible en: <http://www.biologia.edu.ar> [Consulta: 22 marzo 2013].
165. Samprieto, D., Vattuone, E. y Isla, M. (2006). Sugarcane straw and its phytochemicals as growth regulators of weed and crop plants. *Plant Growth Regul*, 48 (5), 21-27.
166. Samprieto, D., Vattuone, M. y Isla, M. (2005). Plant growth inhibitors isolated from sugarcane (*Saccharum officinalis* L.) straw. *Journal Plant Physiology*, 163 (12), 837-846.
167. Sánchez, Y., Fundora, Z. y Socorro, M. (2013). Guía Técnica para el cultivo del Girasol. La Habana. pp. 5-39.
168. Sandoval, L. (2011). Actividad de PAL, acumulación de fenoles y flavonoides en el chile CM-334 infectado por *Macobbusaberrans* e inoculado en el follaje con *Phytoptora capsicii* Tesis de Doctorado. Campus Montecillo. Texcoco. México, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
169. Santana, J. (2005). Rotación de cultivos. *Menceyloko*, 14 (2), 44.
170. Shivanna, M. (2009). Fungal diseases and their effect on phytochemical constituents of medicinally important *Terminalia* species in Bhadra wild life. *Journal Indian Phytopathology*, 62 (1), 37-43.
171. Singh, H., Batisth, D., Pondher, J. y Kohdi, R. (2005). Phytotoxic effects of *Parthenium hysterophorus* residues on three Brassica species. *Weed Biology and Management*, 5 (1), 105-109.
172. Sisodia, S. y Siddiqui, M. (2010). Allelopathic effect by aqueous extracts of different parts of croton *Bonplandianum boillon* some crop and weed plants. *Journal of Agricultural Extension and Rural development*, 2 (1), 22-28.
173. Sociedad Internacional de Alelopatía. (1996). *Ascience for the future*. En: First Congress on Allelopathy. Cádiz, España: IAS.
174. Socorro, M y Martín, D. (1995). Granos. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba
175. Souza, A., Guilhon, G. y Santos, L. (2009). Metodologias empregadas en Estudos de Avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório- Revisao crítica. *Planta Daninha. Viçosa-M.G*, 28 (3), 689-697.
176. Souza, F., Camusso, N. y Sacco, S. (2010). Efeito de extratos aquosos de plantas medicinais nativas do sul sobre a germinação de sementes de alface. *Revista Publication UEPG. Ciencias Biologicas e da Saude*, 11 (3), 29-38.

177. Stowe, L. y Kill, B. (1981). The role of toxins in plant - plant interactions. Handbook of natural toxins. Plant fungal toxins, 1 (5), 707-741.
178. Tharayil, N. (2009). To survive or to slay. Plant signaling and behavior, 4 (7), 580-583.
179. Theis, N. y Lerdan, N. (2003). The evaluation of function in plant secondary metabolites. Journal Plant Science, 164 (6), 93-102.
180. Thorpe, A., Thelen, G., Diaconu, A. y Callaway, R. (2009). Root exudate is allelopathic in invaded community but not in native community: field evidence for the novel weapons hypothesis. Journal Ecology, 97 (3), 641-645.
181. Tique, J., Chaves, B. y Zurita, J. (2009). Evaluación de diez clones promisorios CIP y dos materiales nativos de *Ipomoea batatas* L. Rev. Agronomía colombiana, 27 (2), 151-158.
182. Torres, S., Hernández, M., Fernández, G., Puente, M., Sosa, R. y Quiñones, R. (2008). Influencia de residuos de cosecha de *Ipomoea batatas* (L) Lam en la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Centro Agrícola, 35 (1), 77-82.
183. Torres, S., Puentes, M. y Damme, P. (2006). Efecto alelopático de *Phyla strigulosa* sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Centro Agrícola, 33 (2), 69-73.
184. Torres, S., Puentes, M. y Rodríguez, G. (2003). Efecto alelopático del boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lam. sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Centro Agrícola, 30 (1), 27-29.
185. Travieso, M., Escobar, A., Linares, A. y Pérez, T. (2011). Validación del método de cuantificación de taninos totales en formulaciones semisólidos de *Rhizophora mangle* L. Revista cubana de Plantas medicinales, 16 (1), 23-30.
186. Trujillo, C., Cuesta, E., Díaz, I. y Pérez, R. (2010). Economía Agrícola para las carreras de Agronomía e Ingeniería Agropecuaria. Mayabeque, Cuba: UNAH.
187. Urbano, E. 2002. La producción vegetal y los sistemas agrícolas. Mundi. Madrid
188. Urra, I; Hernández, I; Izquierdo, R; Alfonso, L; García, V. 2008. Los sistemas de Producción Agrícola. ISBN. 978-959-16-0969-4.
189. Ulloa, J., Rosas, P., Ramírez, J. y Rangel, B. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicas. Revista Fuente, 3 (8), 2-18.
190. Valderas, R. 1988. Análisis de sistemas zonales. Desarrollo rural. Fac. Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 272p.
191. Valerino, Y; Hernández, I; Urra, I. 2005. Efecto alelopático de la incorporación de diferentes residuos vegetales sobre la emergencia y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabajo de Diploma. UNAH.

192. Vázquez, E; Torres, S. (2006). Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.451 p.
193. Venegas, R; Siau, G. 1994. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. Agroecología y Desarrollo. CLADES. 7(8).
194. Vidal, M. (2009). Influencia de diferentes extractos vegetales con acción alelopático sobre la germinación y crecimiento inicial del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) var. Tomeguín 93-N. Tesis de Maestría. Mayabeque, Cuba, UNAH.
195. Vijayalakshmi, A., Tripura, A., Ravichandiran, V. (2011). Development and evaluation of antiacne products from *Terminalia anjuna* Bark. International Journal Chemical Tech, 3(1), 320-327.
196. Weith, M., Didon, U., Ronnbergt, W. y Bjirkmam, L. (2008). Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathy weed in cereal and long - term productivity and perennial biomass. Agricultural Systems, 97 (3), 99-107.
197. Whittaker, R. (1970). The biochemical ecology of higher plants.In Chemical Ecology. New York: Academic Press.
198. Wilson, R. y Rice, E. (1968). Allelopathy expressed by *Helianthus annuus* and its role in old field sucesion. Bull. TorreyBot Club, 95 (2), 432.
199. WRB. (2008). Base referencial mundial. Recurso suelo. Informe sobre recursos mundiales de suelo. Roma: FAO.
200. Zhang, C., Wang, J., Quang, B. y Li, W. (2009). Effects of the invader *Solidago canadensis* on soil properties. Applied Soil Ecology, 43 (2), 163-169.
201. Zhou, Y. y Yu, J.(2006).Allelochemical sand photosynthesis .En: Reigosa, M., Pedro I, N. y González, L. Allelopathy: A phisiological process with ecological implications. Netherlands, Kluwer Academic Publisher.

**ANEXOS**

**Anexo 1. Tamizaje fitoquímico según la Metodología de Rondina y Coussio (1969).**



**Anexo 2.** Efecto de los residuos de cosecha en la emergencia de las plantas de frijol común (*P. vulgaris* L.) cv. Tomeguín 93-N.



**Anexo 3.** Indicadores económicos en el Sistema Integrado de frijol común (*P. vulgaris* L.) cv. Tomeguín 93-N

**1. Rendimiento (t.ha-1)**

	2007	2008	2009	2010	2010
<b>Bi</b>	1.37	1.25	1.56	1.23	1.14
<b>Bc</b>	—	—	1.27	1.29	1.22
<b>Fi</b>	1.15	0.90	1.32	0.92	0.96
<b>Fc</b>	—	—	1.04	0.96	0.88
<b>Gi</b>	1.06	1.08	1.02	1.08	1.00
<b>Gc</b>	—	—	1.00	1.04	1.09
<b>Mi</b>	1.66	1.23	1.72	1.64	1.48
<b>Mc</b>	—	—	1.62	1.63	1.51
<b>T</b>	2.51	2.36	2.52	2.36	2.30

**2. Ingresos/ha (\$/ha)**

	2007	2008	2009	2010	2010
<b>Bi</b>	27943	24578.3	24793	26071	24298
<b>Bc</b>	—	—	30561	23119	25873
<b>Fi</b>	24433.56	19573	22273	20752	19761.6
<b>Fc</b>	—	—	24793	19960	21381.6
<b>Gi</b>	22723.5	23083	21463	19960	23317
<b>Gc</b>	—	—	21913	21544	21544
<b>Mi</b>	34243.0	35683	33703	33883	24588
<b>Mc</b>	—	—	35683	34063	30940
<b>T</b>	46757	48283	51433	48283	45490.3

**3. Utilidad/ha (\$/ha)**

	2007	2008	2009	2010	2010
<b>Bi</b>	25461.36	22096.6	28079.36	20637.36	21816.36
<b>Bc</b>	—	—	22311.36	23589.36	23391.36
<b>Fi</b>	21951.92	17091.36	22311.36	17478.36	17279.96
<b>Fc</b>	—	—	19791.36	18270.36	18899.96
<b>Gi</b>	20241.86	20601.36	19431.36	19062.36	20835.36
<b>Gc</b>	—	—	18981.36	17478.36	19062.36
<b>Mi</b>	31761.36	33201.36	33201.36	31581.36	22106.36
<b>Mc</b>	—	—	31221.36	31401.36	28458.36
<b>T</b>	44275.36	45801.36	48951.36	45801.36	43008.66

### 1. Costo unitario (\$/ha)

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2010</b>
<b>Bi</b>	1711,4	1845,0	1590,7	2099,5	1858,9
<b>Bc</b>	---	---	1723,3	1843,7	1989,2
<b>Fi</b>	1977,4	2519,4	1946,3	2466,8	2363,4
<b>Fc</b>	---	---	2186,4	2362,3	2585,0
<b>Gi</b>	2139,3	2103,0	2225,6	2466,8	2267,3
<b>Gc</b>	---	---	2276,7	2466,8	2080,1
<b>Mi</b>	1334,2	1320,0	1320,0	1386,3	1535,6
<b>Mc</b>	---	---	1402,0	1394,1	1501,7
<b>T</b>	919,12	961,8	900,72	961,8	985,9

### 2. Rentabilidad %

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2010</b>
<b>Bi</b>	91.11	89.90	91.87	89.26	90.40
<b>Bc</b>	---	---	89.99	90.48	89.78
<b>Fi</b>	89.84	87.32	89.99	87.56	88.39
<b>Fc</b>	---	---	88.85	88.04	87.44
<b>Gi</b>	89.07	89.24	88.67	88.48	88.48
<b>Gc</b>	---	---	88.43	87.56	89.35
<b>Mi</b>	92.75	93.04	93.04	92.71	91.97
<b>Mc</b>	---	---	92.63	92.67	89.90
<b>T</b>	94.69	94.86	95.17	94.86	94.54