

*Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Departamento de Agronomía*

TRABAJO DE DIPLOMA

*Título: "Efecto alelopático de los residuos de cosecha de arroz
(Oryza sativa.L) sobre el crecimiento de algunos cultivos,
malezas y microorganismos."*



**UNIVERSIDAD CENTRAL
"MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILIS TOGA**

Diplomante: Halbert Mendoza Díaz.

Tutor: Dr Flabio Del Toro Martínez

Cotutor: Dr Sinesio Torres García

2008

Introducción	1
II Revisión Bibliográfica	4
2.1 Generalidades del cultivo de arroz.....	4
2.2 Alelopatía. Generalidades.....	4
2.3 Modo de liberación de los aleloquímicos.....	9
2.3.1 Volatilización.....	9
2.3.2 Lixiviación.....	10
2.3.3 Exudados de raíces.....	10
2.3.4 Descomposición de residuos vegetales.....	10
2.4 Origen y naturaleza de los aleloquímicos.....	11
2.5 Biosíntesis de los agentes alelopáticos.....	11
2.6 Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos.....	12
2.7 Alelopatía en arroz.....	12
2.7.1 Importancia ecológica.....	12
2.7.2 Importancia de la Alelopatía en la obtención de nuevas variedades.....	12
2.7.3 Variabilidad Genética.....	13
2.7.3.1 Diferente Potencial Alelopático.....	13
2.7.4 Métodos de Selección.....	13
2.7.5 Fitotoxicidad en el cultivo del arroz.....	14
2.7.6 Aleloquímicos asociados al rastrojos.....	14
2.7.7 Efecto alelopático del arroz en malezas.....	15
III Materiales y Métodos	19
3.1 Técnica de preparación de los residuos y su posterior aplicación.....	19
3.2 Fase Experimental.....	19
3.2.1 Trabajos realizados en condiciones de laboratorio.....	19

3.2.1.1 Análisis del suelo.....	19
3.2.1.2 Conteo de colonias de microorganismos.....	20
3.2.1.3 Ensayos <i>in vitro</i> , en placas de petri.....	21
3.2.1.4 Ensayos <i>in vitro</i> en condiciones semicontroladas, en bandejas de poliestireno	21
3.2.1.5 Determinación del peso seco.....	22
3.2.1.6 Determinación de las longitudes de la raíz e hipocótilo.....	22
3.2.2 Ensayo en condiciones de campo.....	22
3.3 Procesamiento de datos estadísticos.....	24
IV Resultados y Discusión.....	25
4.1 Resultados de los ensayos conducidos " <i>in vitro</i> " (placas petri).....	25
4.1.1 Efectos alelopáticos de diferentes dosis de materia seca de residuos de cosecha de arroz sobre el cultivo de la Col.....	25
4.1.2 Efectos de las diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre el cultivo del Tomate.....	26
4.1.3 Efecto de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre el cultivo del Frijol.....	27
4.2 Resultados de los ensayos conducidos en condiciones semicontroladas (bandejas de poliestireno).....	29
4.2.1 Efecto de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre el cultivo del Tomate.....	29
4.2.2 Efecto de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre el cultivo de la Col.....	30
4.2.3 Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre el cultivo del Frijol.....	31

4.3 Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre la germinación en los cultivos de Tomate, Col y Frijol en condiciones semicontroladas (Bandejas de poliestireno).....	32
4.3.1 Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre la germinación en el cultivo del Tomate.....	32
4.3.2 Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre la germinación en el cultivo de la Col.....	33
4.3.3 Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre la germinación en el cultivo de Frijol.....	33
4.4 Efecto alelopático de los residuos de cosecha de arroz sobre el número de plantas de malezas.....	34
4.4.1 Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre número de plantas monocotiledóneas.....	34
4.4.2 Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz sobre número de plantas dicotiledóneas.....	36
4.5 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en malezas.....	38
4.5.1 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en plantas dicotiledóneas.....	38
4.5.2 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en plantas monocotiledóneas.....	39
4.6 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en cultivos.....	40
4.6.1 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo del Tomate en condiciones semicontroladas. (Bandejas de poliestireno)	40
4.6.2 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo del Frijol.....	41

4.6.3 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo de la Col.....	42
4.7 Efectos alelopáticos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca de resto de cosecha de arroz sobre colonias de microorganismos.....	44
Conclusiones.....	46
Recomendaciones.....	48
Referencias Bibliográficas.....	49
Anexos.....	63

Evitar en la agricultura las pérdidas que se producen por el ataque de plagas y enfermedades es un reto que siempre han tenido los productores e investigadores agrícolas. Después de la Segunda Guerra Mundial el descubrimiento y desarrollo de los plaguicidas químicos sintéticos, permitió el aumento de los rendimientos y el mejoramiento de la apariencia de las cosechas, por lo que aún hoy, el empleo de estos formulados es un paradigma para la agricultura, a pesar de que su uso inadecuado y repetido ha generado la aparición de resistencia en las plagas y patógenos, provocando en primer lugar, el aumento de la dosis de aplicación y en segundo lugar, la búsqueda y uso de otros plaguicidas más potentes. Por otra parte, muchas de estas sustancias o sus residuos son tóxicas y poco biodegradables por lo que contaminan el suelo, el agua y los productos agrícolas por largo tiempo. (Altieri, 1997).

Las malezas constituyen una plaga formada por un complejo de especies con características disímiles que provocan pérdidas de los rendimientos en los cultivos (Pérez, 1992, citado por García, 2005 a). Desde hace décadas la principal herramienta para reducir las malezas ha estado determinada por el método químico de control, aunque su uso puede ocasionar reducciones de la biodiversidad junto a alteraciones drásticas de los agroecosistemas, además de elevar los costos.

Es por eso que diversos científicos buscando alternativas que den con ventajas económicas y medioambientales han encontrado un tipo de solución: La alelopatía, fenómeno de gran importancia en la ecología y supervivencia de las plantas (Sampietro, 2001). El término alelopatía (del griego *allelon* = uno al otro, del griego *pathos* = sufrir; efecto injurioso de uno sobre otro) fue utilizado por primera vez por Molisch (1937) para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos que son ya sea directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos que, liberados por una planta, ejercen su acción en otra. Siguiendo esta definición en todo fenómeno alelopático existe una planta (donadora) que libera al medio ambiente por una determinada vía (lixiviación, descomposición de residuos, etc.), compuestos

químicos que al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre la germinación, crecimiento o desarrollo de esta última. Los compuestos que desencadenan el proceso se denominan compuestos, agentes o sustancias alelopáticas. La definición abarca tanto los efectos perjudiciales como benéficos. La Sociedad de Alelopatía Internacional, en 1996, amplió esta definición a los metabolitos secundarios producidos por las plantas, microorganismos, virus y hongos que influyan en el crecimiento y desarrollo de sistemas agrícolas y biológicos.

Recientemente ha recibido gran atención el potencial alelopático del arroz desde que Dilday *et al.* (1991) identificaron cultivares de arroz con potencial alelopático contra *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd. Si bien el enfoque del fitomejoramiento por sí solo no puede solucionar los problemas causados por las malezas, un incremento en el potencial alelopático de las variedades de arroz tendrá probablemente un gran impacto sobre los sistemas de producción tanto de bajos como de altos insumos. Más aún, la tecnología basada en la alelopatía es más fácilmente transferible a los agricultores en los sistemas de producción de bajos insumos que en los sistemas de altos insumos que incluyen un consistente uso de herbicidas. Existen tres excelentes revisiones sobre el tema: una de ellas sobre estrategias para fortalecer el control de malezas por medio de la producción de compuestos aleloquímicos (Duke *et al.*, 2001); las otras dos revisiones son de Olofsdotter (2001b) sobre la alelopatía en arroz. Hasta hoy día, no hay evidencias de que en nuestro país se haya publicado algún trabajo similar sobre alelopatía del arroz, por lo que el presente constituye una novedad desde el punto de vista científico. En esta experiencia se pretende evaluar el efecto alelopático de restos de cosecha del arroz (*Oryza sativa*.L) incorporados al suelo sobre la germinación y el crecimiento de plantas hortícolas, frijol y malezas.

Hipótesis

Si los restos de cosecha del arroz (*Oryza sativa*, L) producen estimulación o inhibición del desarrollo de algunas plantas económicas, malezas y/o colonias de microorganismos, es porque estos poseen sustancias de tipo aleloquímicas.

Objetivo General

Evaluar los efectos alelopáticos de los restos de cosechas del arroz (*Oryza sativa*, L) sobre el desarrollo de algunas plantas de cultivo, malezas y colonias de microorganismos.

Objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto de los restos de cosecha del arroz (*Oryza sativa*.L) incorporados al suelo sobre la germinación de plantas hortícolas, frijol y malezas.
2. Evaluar los efectos de los restos de cosecha del arroz (*Oryza sativa*, L) sobre el desarrollo de plantas hortícolas, frijol y malezas.
3. Determinar la influencia de los restos de cosecha (*Oryza sativa*, L) del arroz sobre las poblaciones de microorganismos del suelo.

2.1 Generalidades del cultivo del arroz.

El arroz es el cultivo más importante para alimento en los países en desarrollo y corresponde a 29% del consumo total de calorías de estas poblaciones. En los trópicos, el arroz es producido en gran parte en pequeñas fincas familiares, las cuales usualmente son menores de 4 ha y en Asia, el arroz es la fuente de empleo más importante en las áreas rurales. En todo este sistema de pequeñas fincas, las malezas son una de las principales restricciones biológicas para la producción, según Ampong-Nyarko y De Datta (1991). En los trópicos, el arroz se produce en altiplanicies regadas solo por la lluvia, en áreas que estacionalmente sufren inundaciones profundas y en llanuras bajas que reciben lluvias y también son regadas. Arroz de altiplanicie se refiere al cultivo del arroz que "recibe lluvias" en campos no regados, bien drenados; ésta forma de cultivo se realiza en Asia, América Latina y África. El arroz producido en áreas de inundación profunda llamado también "arroz de aguas profundas o arroz flotante", es importante en muchas áreas de África Occidental y Asia, a menudo a lo largo del curso de los principales ríos, tal como señalaran Ampong-Nyarko y De Datta, (1991.)

2.2 Alelopatía. Generalidades.

La influencia de unos vegetales sobre otros se conoce desde hace mucho tiempo. En el siglo III antes de Cristo, Theophrastus describió el efecto inhibitorio de malezas sobre la alfalfa. Dos siglos más tarde, Plinio precisó que el garbanzo, la cebada y la arveja amarga dañaban el suelo, y que árboles como el nogal y el pino afectaban negativamente a plantas y pastos vecinos. Puente (1998) y Leicach (2005) comunican que la alelopatía en la agricultura data de varios siglos A.C. y ha sido estudiada por numerosos investigadores. Se entiende como tal al conjunto de interacciones bioquímicas entre plantas,

pero que a su vez influyen en la relación entre otros organismos como insectos y herbívoros. Hasta el momento se conocen un numeroso grupo de especies de vegetación indeseable (malezas) que poseen efecto alelopático sobre plantas económicas, de igual modo, se posee información sobre los efectos alelopático de numerosas plantas de cultivo sobre las malezas dentro de las cuales destaca el arroz.

Como es evidente en los inicios estas interacciones que ahora se conocen con el término de alelopatía se definían como la interacción o efecto solamente entre plantas sobre la germinación, crecimiento y desarrollo a través de la liberación de químicos orgánicos que podían tener acción positiva ó negativa sobre alguna o todas las fases del desarrollo de la especie afectada. (Molisch ,1937; Narwal, 1994) obviando el efecto que tienen las plantas superiores sobre los microorganismos

La alelopatía esta fuertemente relacionada con otros factores de estrés del ambiente, tales como: luz, temperatura, abastecimiento de agua, nutrientes, aplicación de herbicidas, incidencia de insectos y patógenos. (Lin Xiao *et al*, 2007). Estos factores del estrés facilitan la producción de aleloquímicos incrementando la interferencia alelopática (Batísh *et al*, 2005). También se reporta que las deficiencias minerales pueden inducir cambios en las concentraciones de aleloquímicos. Autores como Whittaker (1971) y Rice (1984) definen las relaciones entre organismos como especies que se regulan unas a otras produciendo o liberando repelentes, atrayentes, estimulantes o inhibidores químicos; fenómeno que queda definido en un plano más amplio hasta las interacciones químicas planta- planta y planta- microorganismo.

Pazmiño (1999) define que la Alelopatía puede generarse y actuar por exudación de compuestos provenientes de raíces vivas, hojas, frutas o por infiltración de compuestos químicos provenientes de la descomposición de

los vegetales y a la vez constituye un excelente ejemplo de equilibrio químico-ecológico en el que los organismos tienden a responder favorablemente o regularmente entre sí, produciendo atractivos químicos estimuladores o inhibidores.

Algunos autores han encontrado incrementos en la concentración de escopolina y decrecimientos en ácido clorogénico en hojas de tabaco en condiciones de deficiencia de magnesio. Lin Xiao *et al.*, (2007) reportan notables incrementos de sustancias alelopáticas como ácido clorogénico en tallos, hojas y raíces de plantas de girasol creciendo en condiciones de déficit de nitrógeno. En trabajo experimental Xiong *et al* (2005) citados por Lin Xiao *et al.*, (2007) comunicaron que el potencial alelopático del arroz se incrementó a medida que aumentó la deficiencia de nitrógeno. También los residuos de algunas especies de plantas pueden influir sobre los microorganismos del suelo y el ciclo del nitrógeno. Además algunos factores del suelo como textura, materia orgánica e inorgánica, humedad y otros afectan la actividad fitotóxica de los aleloquímicos en el suelo. Muchos cambios pueden ocurrir en los aleloquímicos después que ellos alcanzan el suelo ya sea por inactivación de su fitotoxicidad, cambios en el pH, intercambio de iones, concentración inadecuada de oxígeno y otros (Ambika *et al* ,2003). Malik y Williams (2005) informan sobre el desarrollo de plantas y microorganismos estimulados por sustancias alelopáticas. Algunas sustancias alelopáticas como los ácidos fenólicos pueden tener efectos sobre las plantas solo si persisten en el suelo durante largos períodos de tiempo (Kobayashi (2004) citado por Lin Xiao *et al* (2007). Por otra parte, también se han reportado plantas económicas con efecto alelopático sobre otros cultivos y sobre malezas. En el caso de la planta de arroz (*Oryza sativa*, L) en diversos países, varios autores han reportado la presencia de compuestos alelopáticos en este cultivo al interactuar con otras plantas, expresando los beneficios de tales efectos. Un grupo grande de plantas

han mostrado poseer efectos alelopáticos aunque su mecanismo de acción es variado y depende del compuesto en sí; los hay tóxicos celulares, inhibidores del sistema nervioso, reductores de la digestibilidad de proteínas o carbohidratos, inhibidores de la germinación, etc.

La defensa química de las plantas se lleva a cabo mediante la producción y acción de sustancias químicas llamadas compuestos o metabolitos secundarios, los cuales no tienen una función fisiológica conocida o vital en la planta. A éstos metabolitos comúnmente se les conoce como aleloquímicos o sustancias alelopáticas, las cuales debidamente manejadas pueden tener un papel muy importante en el desarrollo de agroecosistemas de tipo sostenibles. Diversas plantas de cultivo han evidenciado sus efectos alelopáticos, así por ejemplo Narwal y Tauro, (1994) reportan que en el cultivo del arroz tiene lugar una autotoxicidad que da lugar al bajo rendimiento en la 2da o 3ra cosecha sucesiva en el mismo lugar. La autotoxicidad producida en suelos húmedos como consecuencia de acumulación de fitotoxinas por descomposición de residuos, exudados de raíces y multiplicación de patógenos, tienden a suprimir el crecimiento de la planta, así como la iniciación de la panícula y el rendimiento en granos, aunque esta autotoxicidad es propia de producciones de monocultivos, en diversas especies vegetales como en arroz.

Un cultivo alelopático puede causar autointoxicación del mismo cuando se desarrolla en condiciones de monocultivo continuado, lo que ha sido observado en muchos cultivos, según Chou y Lin (1976).

Es muy compleja la interpretación de la actividad aleloquímica, debido a la existencia de muchas clases de ellas y se desconoce por tanto cuáles son los aleloquímicos que tienen un mismo mecanismo de acción, por tanto se sugiere que el efecto alelopático se debe a la acción conjunta de muchos de ellos sobre

diferentes lugares de las células de las plantas sobre las que ellos afectan, según Lin et al (2000).

Se han reportado alrededor de 129 especies alelopáticas a los cultivos, la mayoría de ellas con efecto perjudicial. Es conocido que las plantas liberan sustancias de tipo alelopático por diversas vías tales como: volatilización de sus superficies, lixiviados de hojas, exudados de raíces, y biodegradación. Dentro las sustancias con efectos alelopáticos pueden citarse los siguientes compuestos: ácidos aromáticos como hydroxibenzoico, isoferúlico y vanílico en el maíz, café y girasol; cumarinas en tabaco y café; diterpenos en tabaco; sesquiterpenos en girasol; alcaloides en café y te; cianhydrinas en sorgo y otros compuestos. Con relación al efecto alelopático de rastrojos de cosecha autores como Nagabhushana *et al.*, (2001) informan que la cobertura foliar de muchos cultivos suprimen y en muchos casos reducen la necesidad del uso de herbicidas, por lo que constituye una práctica más de agricultura de secano. Anurag Saxena *et al.*, (1995) han reportado que bajo condiciones de campo las sustancias fitotóxicas procedentes de residuos a menudo causan pobre desarrollo de cultivos. Paola Silva (2003) informa que la alelopatía presenta sintomatologías tales como: germinación y desarrollo de raíces reducidas, engrosamiento de la radícula, menor emergencia de plántulas y hasta muerte de las mismas.

Blum *et al.*, (1987) expresa que la actividad alelopática depende de factores como las interacciones bióticas y abióticas que ocurren en el suelo con la sustancia alelopática. Rice (1984) y Puente (1998) expresan que los mecanismos de acción directa de los aleloquímicos producen: elongación celular e inhibición de la división celular; inhibición de síntesis proteica y cambios en el metabolismo; inhibición o estimulación de enzimas específicas; efectos en la permeabilidad de las membranas; efectos en la apertura de estomas y en la fotosíntesis; efectos en la respiración; efectos en la absorción

mineral; obstrucción de los elementos del xilema y transportación de agua por el tallo. Como se puede ver la Alelopatía es una ciencia que cada vez está adquiriendo más protagonismo en el ámbito de la investigación agraria para la lucha natural contra las plagas, la invasión de parásitos y malas hierbas en los cultivos. (Grupo de Alelopatía de la Universidad de Cádiz (2001).

2.3. Modo de liberación de los aleloquímicos

Las plantas necesitan interrelacionarse con otras de la misma o de diferente especie, con microorganismos y con factores inorgánicos del medio ambiente. Para estos casos han desarrollado señales aleloquímicas más o menos especializadas. (Sampietro, 2001). Estas señales alelopáticas se transfieren por las plantas mediante cuatro formas descritas que aparecen a continuación por Narwal (1994) citado por Sampietro (2001).

Las plantas superiores liberan regularmente compuestos orgánicos por volatilización de sus superficies, lixiviados de hojas y exudados de raíces. Eventualmente, los constituyentes químicos de todos los organismos son liberados al entorno a través de procesos de descomposición al incorporarse al suelo. Por tanto existen 4 vías principales de liberación al entorno de los aleloquímicos. A continuación analizaremos cada una de ellas.

2.3.1. Volatilización

La liberación de agentes alelopáticos por volatilización está frecuentemente relacionada a plantas que producen terpenoides. Estas sustancias han demostrado actividad insecticida y como disuasivos alimenticios.

La toxicidad de los compuestos volátiles es prolongada, debido a su adsorción a las partículas del suelo, (Narwal, 1994)

2.3.2. Lixiviación

La lixiviación es la remoción de sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. El grado de lixiabilidad depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta, la cantidad y naturaleza de la precipitación. (Sampietro, 2001).

2.3.3 Exudados de raíces

La reducción en rendimiento observada en algunos cultivos en varios casos se ha atribuido a toxinas liberadas por otros y malezas adyacentes. Se conocen sustancias exudadas por las raíces que reducen la germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y la nodulación. La mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares. Factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz, humedad, influyen cualitativa y cuantitativamente la liberación de sustancias por las raíces. (Narwal, 1994)

2.3.4. Descomposición de residuos vegetales

Los residuos en descomposición de la planta liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos. Las sustancias alelopáticas liberadas por los residuos vegetales en el suelo entran en contacto con las raíces de plantas presentes en el mismo ejerciendo su acción. Los compuestos liberados por la planta al suelo sufren frecuentemente transformaciones realizadas por la microflora del mismo.

La toxicidad originada en los residuos de plantas proporciona algunas oportunidades importantes para los agrónomos, por las toxinas liberadas de los residuos en descomposición sobre la emergencia, crecimiento y productividad de los cultivos. Los residuos pueden afectar de igual manera a las malezas. (Sampietro, 2001).

2.4. Origen y naturaleza de los aleloquímicos

La mayoría de los aleloquímicos tienen su origen del metabolismo de carbohidratos, grasa, aminoácidos y surgen del acetato o el ácido shikímico, según Whittaker (1970), Feeny (1971) y Robinson (1963) citado por Narwal, (1994) y clasificados por Horsley (1971); Rice, (1984); Mandava (1985); y Putman, (1985) citados por Puente (1998). Dentro de estos aleloquímicos pueden citarse: ácidos orgánicos simples solubles en agua; ácidos grasos de cadenas largas; antroquininas y quinonas simples; cumarina; ácido benzoico y sus derivados; ácidos cianhídricos y sus derivados; alcoholes; aldehídos alifáticos; taninos hidrolizables; terpenoides y esteroides; fenoles simples; flavonoides; ketonas; lactonas simples saturadas; purinas y nucleósido; aminoácidos y polipéptidos. No todos estos compuestos son aleloquímicos. Los compuestos fenólicos (ácido benzoico y las cumarinas) están presentes en gran cantidad según Mandava (1979); y Robinson (1967); citados por Narwal (1994).

2.5. Biosíntesis de los agentes alelopáticos

La mayoría de los agentes alelopáticos son metabolitos secundarios derivados de las rutas del acetato-mevalonato o del ácido shikímico. Existen también compuestos (los flavonoides) en cuya síntesis participan metabolitos de las dos rutas. Como es previsible, las concentraciones de estos compuestos en los tejidos varían según el ritmo de biosíntesis, almacenamiento y degradación.

También son afectados por los balances internos de reguladores de crecimiento vegetal y otros factores bióticos y abióticos, según Sampietro. (2003).

2.6 Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos

Debido a la diversidad de naturalezas químicas de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que éstos afectan a la planta receptora, según Sampietro. (2003). Los mecanismos de acción de los agentes alelopáticos pueden tener efecto sobre: alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos; efectos sobre la actividad enzimática; efectos sobre la fotosíntesis; efectos sobre la respiración; efectos sobre procesos asociados a membranas.

2.7 Alelopatía en arroz

2.7.1 Importancia ecológica

En todos los ecosistemas de arroz los herbicidas hasta hoy día han sido la principal vía para controlar maleza. (Moody, 1991). En países como Indonesia y Viet Nam (Pandy y Pingati, 1996) se han reportado problemas como: evolución de malezas resistentes (Valverde *et al.*, 2000); efectos residuales sobre los cultivos sucesivos; desaparición de algunas malezas susceptibles como *Brasenia schreberi* y *Sagittaria aginashi*, lo que afecta la biodiversidad de las malezas (Itoh, 2000).

2.7.2. Importancia de la alelopatía en la obtención de nuevas variedades

Las recientes investigaciones sobre la alelopatía del arroz han avanzado la posibilidad de obtener cultivos alelopáticos de arroz por las siguientes razones: existe variación en la alelopatía de los cultivares de arroz; la alelopatía tiene una función importante bajo las condiciones de campo; la alelopatía en el arroz es

efectiva sobre monocotiledóneas y dicotiledóneas; la identificación de los compuestos aleloquímicos del arroz ha hecho importantes progresos; han sido determinados los *loci* con características cuantitativas correlacionados con la alelopatía (Olofsdotter, 2001). Varios cultivares o muestras de arroz con potencial alelopático han sido determinados en diferentes lugares según Dilday *et al* (1991); Fujii (1992); Kim y Shin (1998); Olofsdotter *et al.*, (1999).

2.7.3. Variabilidad Genética

2.7.3.1. Diferente Potencial Alelopático

Dilday *et a.*, (1998) identificaron 412 muestras entre 12 000 muestras originadas en 31 países con potencial alelopático contra *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd. Estas muestras eran genéticamente diversas indicando que el potencial alelopático está ampliamente presente en el germoplasma de arroz. El potencial alelopático a menudo es atribuido a varios inhibidores que se asume que actúan en forma aditiva o sinérgica y no en forma aislada (Courtois y Olofsdotter, 1998). Las variedades tropicales de arroz *javanica* han mostrado poseer un mayor potencial alelopático contra las malezas que otros arroces, especialmente contra *Echinochloa* spp. (Jensen *et al.*, 2001).

2.7.4. Métodos de Selección:

Para seleccionar arroz con potencial alelopático se han sugerido varios métodos tales como: método denominado “stairstep” (Bonner, 1950; Liu y Lovett, 1993); la prueba de cultura hidropónica (Einhelig, 1985); la técnica de relevo de semillas (Navarez y Olofsdotter, 1996); la prueba del medio de agar-agar (Fujii, 1992; Wu *et al.*, 1999); el análisis de conglomerados usando HPLC -cromatografía líquida de alta presión (Mattice *et al.*, 2001); el método de extracto de agua (Kim *et al.*, 1999; Ebana *et al.*, 2001) y el bioensayo de lámina de 24 huecos (Rimando *et al.*, 1998). Sin embargo el método de prueba directamente

en el campo podría ser el mejor método para evaluar el potencial alelopático pero presenta dificultades cuando hay que trabajar con un gran número de materiales. Por lo tanto, es necesario identificar un bioensayo confiable y universal que genere una tendencia similar bajo diferentes condiciones.

2.7.5. Fitotoxicidad en el cultivo del arroz

En Taiwán, donde el arroz se planta dos veces al año con un intervalo de tiempo muy corto entre ambos cultivos, el rendimiento del segundo cultivo disminuye en un 25% con respecto al primero. Estas observaciones han sido verificadas en el laboratorio, encontrándose cinco compuestos con actividad fitotóxica en los residuos dejados por la planta de arroz. Por otra parte, existen numerosas especies de malezas asociadas al arroz y que también tienen efecto alelopático. En el 2003 se realizaron tres experimentos simultáneos en Guanacaste, Costa Rica, empleando nueve tratamientos (0 a 9 t/ha) de coberturas con rastrojos de la variedad de arroz CR 1113 para medir los efectos sobre la emergencia del arroz y de malezas más frecuentes tales como *Echinochloa colona* y *Cyperus spp.* Se determinaron relaciones inversas entre el grado de cobertura y la densidad de plántulas de malezas emergidas ($R^2 > 0,89$) y entre el grado de cobertura y el porcentaje de germinación del arroz ($R^2 = 0,86$), respectivamente. (Ortega et al, 2005).

2.7.6. Aleloquímicos asociados al rastrojo:

En el rastrojo se destacan una serie de metabolitos secundarios derivados de la ruta del acetato-mevalonato como los terpenos y de la ruta del ácido shikímico como fenoles, alcaloides, glicósidos (Sampietro, 2002). Los compuestos más comunes son los ácidos fenólicos, los alcaloides y los ácidos hidroxámicos. Olofsdotter (2002), identificó a los ácidos fenólicos como los principales responsables de la alelopatía de arroz.

En rastrojos de arroz el efecto alelopático se asocia a ácidos fenólicos como el salicílico, p-cumárico, vanilínico, siríngico, ferúlico y mandélico, aislados desde los rastrojos en descomposición (Chou, 1980).

Los compuestos fenólicos son solubles en agua, se lixivian rápidamente desde los rastrojos, no se unen fuertemente a las partículas del suelo y se inactivan por microorganismos (Purvis, 1990).

Los ácidos fenólicos pueden reducir o incrementar la concentración de ácido indol acético (AIA). Los ácidos p-hidroxibenzoico, vanilínico, p-cumárico y siríngico reducen la disponibilidad de AIA promoviendo su descarboxilación.

Los ácidos ferúlico, p-cumárico, vanilínico y cumáricos inhiben el crecimiento inducido por las giberelinas (Sampietro, 2002).

La producción de aleloquímicos desde el rastrojo depende de ciertas condiciones ambientales como la presencia de humedad en el rastrojo y una temperatura del aire sobre congelación y bajo 15 °C, características que dan inicio al proceso de descomposición del rastrojo (Cochran *et al.*, 1977).

Kim *et al.*, (2000) identificaron varios compuestos potencialmente alelopáticos del arroz como esteroides, benzaldehidos, derivados del benceno, ésteres de ácidos grasos de cadena larga, aldehídos, cetonas y aminas identificados en fracciones con actividad biológica.

2.7.7. Efecto alelopático del arroz en malezas

De los exudados de raíz de dos plantaciones de arroz alelopático sembradas en arena bajo condiciones naturales fueron identificadas las sustancias terpenoides, fenoles (quinonas), aldehidos (ketonas), alcoholes heterocíclicos, éteres, hidrocarburos, etc. Basados en estos resultados, hubo actividad inhibitoria sobre malezas de cinco ciclomonoterpenoides oxigenicos (formula molecular y estructuras moleculares similares a compuestos detectados en exudados de raíz del arroz) fueron confirmadas en bioensayos, según HE *et al.*, (2006)

Muchos cultivadores de arroz que suprimieron malezas de amplio espectro incluyendo un pasto nocivo en pruebas de campo, también disminuyeron el alargamiento de la raíz en el laboratorio, según Lin y Shin. (1999).

Las variedades alelopáticas de arroz son una buena herramienta en la supresión de varias malezas problemáticas en Egipto contra *Echinochloa crus-galli*, *Cyperus difformis* y *Dinebra retroflexa* en un rango del 30-70%. (Lin y Shin, 1999). Las variedades de arroz inhibieron el desarrollo de raíces y la emergencia del primer o segundo brote de hojas de maleza. Aun más, al incorporar el rastrojo de arroz en el suelo se obtuvo un control total sobre la maleza con un 50% de reducción de la tasa de herbicidas. Algunas de las variedades alelopáticas de arroz han controlado más del 90% de las malezas en pruebas realizadas en semilleros y más del 50% de las malezas cuando el arroz fue transplantado en experimentos de campo. Según Hansan *et al* (1998).

En la última década se ha logrado un desarrollo significativo en el área investigativa usando la alelopatía en el arroz (*Oryza sativa L.*) para el control de las malezas. Se ha identificado germoplasma de arroz con potencial alelopático incluyendo el monitoreo en el laboratorio y la validación posterior en el terreno. Ensayos de laboratorio mostraron que ciertos cultivos de arroz pudieran reducir el alargamiento de raíz de las malezas. Dilday *et al.*, (1998)

En Arkansas el concepto de uso de tasas reducidas de herbicidas ha sido adoptado por los científicos de malezas. Con el descubrimiento de potenciales propiedades alelopáticas en el arroz se hicieron cruces utilizando variedades liberadas en un intento de obtener el rasgo alelopático en variedades futuras. Incluso si las líneas desarrolladas no controlan completamente las malezas, el control parcial puede permitir reducir las tasas de herbicidas. Moldenhauer *et al.*, (1998).

Seis tipos de arroz mostraron mayor supresión biológica sobre barnyardgrass en pruebas de campo que fueron monitoreadas contra el barnyardgrass en macetas en

casas de cultivo con tres replicaciones. La inhibición en el crecimiento de la maleza aumentó con la creciente concentración del extracto. El largo de la radícula fue hallado más sensible al extracto acuoso que el largo del hipocótilo. Análisis bioquímicos demostraron que los extractos acuosos bloquearon significativamente la actividad del superóxido dismutase y la catalasa, por tanto llevando a incrementar los radicales libres y consecuentemente resultando en una mayor peroxidación de lípidos y alterar el potencial de membrana en el semillero de barnyardgrass. Actividades de ATPase y amylase en diferentes momentos del proceso de germinación de barnyardgrass también fueron inhibidos significativamente por extractos acuosos, pero lo contrario fue encontrado para la peroxidase y IAA oxidasa. (.Lin y Shin, 1999).

Muchas líneas de arroz son tan buenas como los modernos cultivares, estas muestran fuerte efecto alelopático contra malezas. Según Hawen y Chaoxian (2004). Por su parte, Wang y Lin (2000), citados por Hawen y Chaoxian (2004) señalan haber observado un fuerte efecto alelopático del arroz sobre la *Echinochloa crusgalli*.

El efecto alelopático sobre las malezas depende de la densidad de las mismas. A una misma cantidad de extractos aleloquímicos el efecto inhibitorio fue menor, a altas densidades de malezas que a bajas densidades, según Wang *et al.*, (2000)

La alelopatía en arroz constituye un importante potencial biológico para el control de malezas. En las especies silvestres de arroz han sido descubiertos nueve grupos genéticos, los que han permitido convertirse en una importante fuente de nuevos genes para la moderna hibridación de arroz, con la finalidad de mejorar el rendimiento, la calidad y la resistencia a las malezas. En ensayos de alelopatía del arroz sobre la *Echinochloa crusgalli*, se encontró que algunas variedades y especies silvestres de arroz inhiben con más fuerzas que otras la altura y el peso seco de la maleza, según Yiging *et al.*, (2005). Las plantas de arroz exudan aleloquímicos a través de tejidos de su raíz (ácidos fenólicos como p-hidroxibenzoicos, vanílicos, p-cumaricos y ferulicos).

Estudios recientes han mostrado que algunas flavonoides, diterpenoides y otros compuestos constituyen defensas aleloquímicas del arroz contra malezas. Las plantas regulan la producción de aleloquímicos en respuesta a los varios factores bióticos y abióticos del ambiente, particularmente bajo condiciones adversas. Un grupo de estudios han mostrado que en arroz pueden ser inducidos compuestos antimicrobianos debidos a factores externos como las radiaciones ultravioletas y los iones de metales pesados, según Hua y Haibo (2005).

Estudios realizados con variedades de arroz conducidas en ensayos de campo y en invernaderos sobre *Echinochloa crus-galli*, mostraron diferentes efectos alelopáticos sobre la maleza. La inhibición fue mayor a medida que hubo una mayor concentración de la sustancia. La longitud de la radícula fue más sensible a la sustancia alelopática que la longitud del hipocótilo. La fitotoxicidad dependió de la densidad, la inhibición del crecimiento mostró una correlación negativa y significativa con la densidad de la maleza en el estudio en macetas, según Lin y Shin (2000). Los mismos autores señalan que la alelopatía es una estrategia ecológica y económica en la que se ha incrementado la atención, se ha comprobado que muchos cultivares de arroz poseen un alto potencial alelopático.

Ensayos bioquímicos han mostrado que extractos acuosos de algunas variedades de arroz inhibieron significativamente la actividad de algunas enzimas (catalasa entre otras). Roschina *et al.*, (1993) citado por Lin *et al.*, (2000), reportó que el daño a las membranas fue inducido por sustancias de naturaleza polifenólica y que este daño podría resultar un efecto inhibitorio sobre las actividades de enzimas como la catalasa en posturas de malezas. Se le ha brindado gran atención al efecto de los compuestos fenólicos sobre la oxidasa del ácido indol acético, una enzima capaz de la destrucción de la auxina.

III Materiales y Métodos

Los experimentos fueron realizados en el Laboratorio del Grupo de Investigaciones Alelopáticas (GIA), ubicado en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) y en áreas del vivero pertenecientes al “ Centro de Estudios Botánicos”, ambos pertenecen a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV).

Los ensayos consistieron en probar el efecto de restos de cosecha de arroz de la variedad Reforma, de amplia difusión entre los campesinos productores, sobre la germinación y desarrollo en etapas iniciales de los cultivos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedad Vyta, Col (*Brassica oleraceae*) variedad Hércules 31 y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad ICA Pijao, así como en la germinación y el desarrollo de malezas que se encuentran de forma natural como parte del banco de semillas de un suelo tipo pardo sialitizado bajo cultivo, así como de las colonias de microorganismos en el suelo estudiado.

3.1- Técnica de preparación de los residuos y su posterior aplicación

Se tomaron de un campo recién cosechado muestras representativas de restos de raíces, tallos y hojas de arroz, se pusieron a secar en una estufa (Memmert) modelo (100) a temperatura de 65°C durante un período de 72h, después se pasaron por un molino de martillo modelo 8255 NOSSEN con un tamiz apropiado y finalmente se obtuvo la materia seca en forma de una “harina de arroz”.

3.2- Fase experimental

3.2.1-Trabajos realizados en condiciones de laboratorio

3.2.1.1 Análisis del suelo

- PH en (KCL) : método de potenciómetro
- Fósforo (P₂ O₅) : método de Oniani, extracción con ácido sulfúrico
- Materia Orgánica : método colorímetro según Walkley y Black

- Valor T- por el método Schachtschabel: solución extractiva NH₄ (CH₃ COO) en pH-7, después lavamos con alcohol y adicionamos KCL (1N), al embudo, añadiendo más tarde formaldehído a la extracción, luego por valoración con Na OH (O, 1N).
- Cationes cambiables: método de Schachtschabel: Solución extractiva NH₄ (CH₃ COO), (1N) en pH-7.
- Ca; Na; K : método fotometria de llama.
- Mg : método espectrometria de absorción atómica.

Tabla 1 Resultados del análisis del suelo pardo sialitizado utilizado en las experiencias

pH (KCL)	P205 mg/100g	K20 mg/100g	Materia Orgánica (%)
7.1	34.8	29.56	2.3

Meq/100gs

VT-	VS-	Ca-	Mg-	K-	Na-
41.80	40.95	37.50	2.26	0.56	0.63
Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo

3.2.1.2- Conteo de colonias de microorganismos

Este análisis se realizó por el método de disolución seriada propuesto por Vinogradsky (1949), citado por Mayea, S. *et al.*, (1982). Para hongos, bacterias, azotobacter, bacterias solubilizadoras de fósforo, actinomicetos y hongos celulolíticos. Se montó 1ml por placa, de dilución para cada microorganismo y 15 ml por placa de medio de cultivo. Se encubó a 28°C ±1°C y el conteo duró de 2 – 15 días.

Las disoluciones utilizadas para el conteo de los microorganismos fueron las siguientes:

Microorganismos	Disoluciones
Bacterias.....	1:100 000; 1:1 000 000
Hongos.....	1: 1000; 1: 10 000
Hongos celulolíticos.....	1: 1000; 1: 10 000
Actinomicetos.....	1: 10 000

Azotobacter.....1: 1000; 1: 10 000

Bacterias solubilizadoras de fósforo..... 1: 1000; 1: 10 000

Para el preparado de los medios de cultivo se utilizaron los reactivos que aparecen en el Anexo 1.

3.2.1.3- Ensayos *in vitro*, en placas de petri

Se emplearon 47g de suelo pardo sialitizado estéril por placa, se utilizaron tres dosis de la materia seca de rastrojos de cosecha de arroz y un testigo (control) sin materia seca. Los tratamientos empleados fueron los siguientes: al 0% (control), dosis al 50% (4,11g/placa), dosis al 100%(8,22g/placa) y dosis al 150%(12,33g/placa). Después de aplicadas las dosis de residuos por placa se mezclaron con el suelo, esta mezcla se efectuó de forma homogénea, se colocó un papel de filtro encima de la mezcla y se depositaron las semillas de cada un cultivo: col, tomate y frijol. Con una pipeta se aplicó un riego de 23,5 ml en el momento de sembrado y después se regaron cada 2 días a razón de 10 ml/placa en cada riego.

3.2.1.4- Ensayos *in vitro* en condiciones semicontroladas, en bandejas de poliestireno

Se emplearon tres bandejas de poliestireno para cada cultivo, cada bandeja tiene 67cm de largo x 47cm de ancho con un total de 4 réplicas por cultivo. Cada bandeja se dividió en “parcelas” de 19cm de largo x 19cm de ancho, para un total de 6 parcelas por bandejas y 16 parcelas por cada cultivo (tratamientos y réplicas). Se adicionaron 1100g de suelo pardo sialítico sin esterilizar por cada parcela, aplicando tres dosis de residuos de la materia seca de los rastrojos de arroz y el testigo (control). Los tratamientos fueron los siguientes: dosis al 0% (control); dosis al 50% (14,28g/0.0361m²), dosis al 100%(28,55g/0.0361m²), dosis al 150%(42,83g/0.0361m²). Después de aplicadas las dosis de la materia seca de rastrojos de arroz esta se mezcla de forma homogénea con el suelo.

En cada “parcela” se trazan cuatro surquillos y en cada uno se depositaron tres semillas por nido en el caso de la col y el tomate, mientras que en el caso del frijol se depositaron dos semillas por nido. Entre cada nido existe una separación de 4mm. En total existen 16 nidos por cada parcela. Con ayuda de un beaker se aplicó un riego de 250 ml por parcela en el momento de sembrado, después se regó cada 2 días a razón de 150 ml/parcela.

3.2.1.5- Determinación del peso seco

Las muestras se secaron a una temperatura de 65°C durante 48 h en una estufa (Memmert) modelo (100). Para comprobar si las plantas estaban bien secas se introdujeron nuevamente en la estufa durante cuatro horas, pasado ese tiempo se extraen y se pesan, si el peso seco se mantiene inalterable indica que están bien secas.

3.2.1.6- Determinación de las longitudes de la raíz e hipocótilo

En las placas de manera cuidadosa se extrajeron las plantas y se colocaron encima de una mesa, a cada una se les midió la longitud de la raíz e hipocótilo con ayuda de una regla graduada. En las bandejas se sacaron las plantas con ayuda de una espátula, se depositaron en un beaker con agua de modo que se remojaran y se ablandara el suelo adherido a la raíz, posteriormente se colocaron sobre una mesa y se procedió a medir la raíz e hipocótilo de cada una planta / tratamiento y réplica.

3.2.2- Ensayo en condiciones de campo

En el campo se preparó un cantero de 3m de largo x 1m de ancho con una altura de 0.10m. Fueron tomadas muestras de suelo pardo sialitizado en diferentes lugares de un campo de la Estación Experimental “Álvaro Barba Machado”, a una profundidad de 5-10cm de modo que se garantizara una buena representación de semillas de plantas indeseables (malezas).

Se recogió una cantidad de suelo suficiente para darle una altura al cantero de 10cm en toda su superficie, se vertió el suelo sobre un vagón y con ayuda de palas se mezcló cuidadosamente. Una vez logrado esto el suelo mezclado se tamizó sobre una manta y se esparció por la superficie del cantero hasta tomar la altura requerida, para alisar la superficie del cantero se utilizó un rastrillo. El cantero fue dividido en parcelas de $0.30\text{m}^2 \times 0.30\text{m}^2$ y se dejó una separación de 0,10m entre cada parcela tanto en sentido vertical como horizontal. Se aplicaron tres dosis de la materia seca y un testigo (control), se replicaron cuatro veces. Los tratamientos fueron: 0% (control), dosis al 50% ($35.60\text{g}/0.09\text{m}^2$), dosis al 100% ($71.19\text{g}/0.09\text{m}^2$) y dosis al 150% ($106.79\text{g}/0.09\text{m}^2$), al esparcir cada dosis de la materia seca (harina de resto de cosecha de arroz) por parcela se tuvo cuidado al mezclarla con el suelo superficial para lograr una buena homogeneidad.

Fueron tomadas muestras de suelo para conteo de colonias de microorganismos en tres momentos diferentes: una en el propio momento del montaje del ensayo en el cantero (ver anexo 2) y las otras dos con intervalos de 20 días cada una, con la finalidad de conocer la posible influencia de los diferentes tratamientos considerados sobre las colonias de microorganismos.

Para determinar el efecto de la materia seca de los restos de cosecha sobre colonias de microorganismos en el suelo estudiado (cantero) se tomaron muestras de 10g de suelo (representativas de cada tratamiento y réplica) a una profundidad de 5-10cm, empleando para ello una espátula y placas de petri previamente esterilizadas.

Para mantener una buena humedad en el cantero se aplicaron riegos cada tres días mediante el empleo de manguera y un micro aspersor. A los cincuenta días de haberse montado el cantero se evaluó el efecto de la materia seca de rastrojos sobre la incidencia de las malezas. Para esto se determinaron: total de plantas de vegetación indeseable (monocotiledóneas y dicotiledóneas) en cada tratamiento y réplica, peso seco del total de plantas por tratamiento y réplica. Se tomaron fotos representativas de la vegetación indeseable predominante en cada tratamiento y réplica.

3.3- Procesamiento de datos estadísticos

Los datos se analizaron estadísticamente con los criterios que ofrecen la Estadística Descriptiva y la Inferencial, en cuanto a:

Empleo de Tablas y Gráficos para la exposición de los resultados como parte de la Estadística Descriptiva.

Dentro de la Estadística Inferencial se emplearon procedimientos paramétricos de ellos el Análisis de Varianza Completamente al Azar para evaluar las variables continuas y las comparación múltiple de medias según las dójimas de Tukey (Lerch, 1977) cuando se alcanzó homogeneidad de varianza y Dunnett´C en las variables discretas y cuando no se detectó homogeneidad de varianza (Quiñones, 2006).

Letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Duncan para $P < 0.05$ en las columnas pertenecientes a los pesos secos.

IV- Resultados y Discusión

4.1- Resultados de los ensayos conducidos “in vitro” (placas Petri.)

4.1.1-Efectos alelopáticos de diferentes dosis de materia seca de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*, L) sobre el cultivo de la Col (*Brassica oleraceae*)

La variable longitud de la raíz alcanzó su menor cifra con la variante de 100 % (2,96 cm) y diferencias significativas respecto al resto que no se diferenciaron entre ellas, la cifra más elevada se obtuvo con el 50 % (4,48 cm).

En cuanto a la longitud del hipocótilo, con el Control se observó la menor cifra (5,02 cm) y la mayor con el 50 % (7,04 cm) y diferencias significativas entre ellas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el indicador longitud de la raíz se obtiene el mayor valor cuando se aplica una dosis equivalente al 50% de la materia seca, aunque sin mostrar diferencia significativa con respecto al control. Sin embargo cuando se aplica una dosis de 100% se obtuvo una sensible disminución de la longitud de la raíz. Según Acosta *et al.*, (2001) algunos órganos son más sensibles que otros, como son las raíces respecto a las yemas y tallos. Por otra parte Fisher (1979) plantea que los efectos alelopáticos pueden provocar además de la inhibición de la germinación, disminución en la elongación las raíces como fue observado en nuestro caso al aplicar la dosis de 100%.

Un efecto similar se evidenció en la longitud del hipocótilo el cual mostró el mayor valor al aplicársele una dosis de 50% por lo que podemos decir que la dosis más bajas (50%) de los restos de materia seca aplicadas producen una estimulación del desarrollo del hipocótilo. Esto puede estar dado por la presencia de aleloquímicos asociados al arroz como: el flavonoide quercetina y los ácidos clorogénico y cafeico (derivados fenólicos), pueden estimular el crecimiento al inhibir la acción de las AIA oxidasa (Barceló, 1995 y Sampietro, 2001).

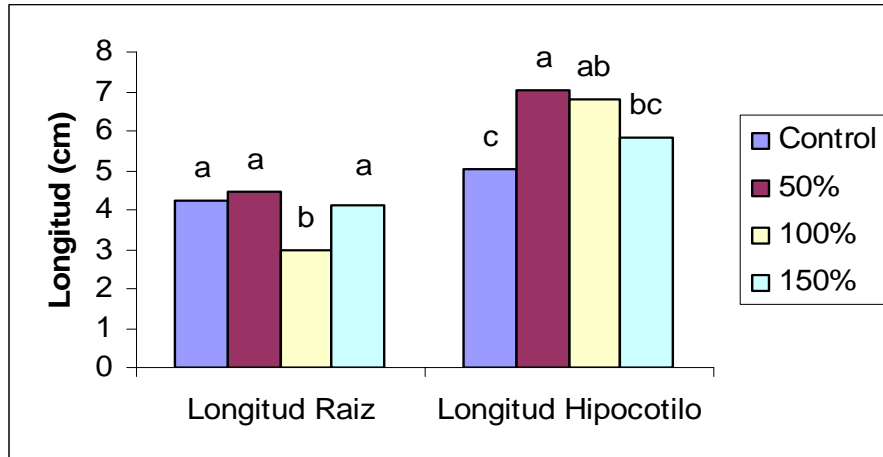


Fig 1. Resultados obtenidos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca de restos de cosecha de arroz sobre el desarrollo de la Col.

Letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Tukey para $P < 0.05$ en las columnas pertenecientes al cultivo de la Col.

4.1.2-Efectos de las diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*, L) sobre el cultivo del Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)

Con la variante del 50 % (6,04 cm) se obtuvo la media más elevada para la longitud de la raíz y diferencias significativas respecto a la de menor valor para la variante control (4,84 cm), en el caso de la longitud del hipocótilo con el control se obtuvo (4,38 cm) el valor mayor y diferencias significativas respecto a la media más baja para 150% (2,97 cm).

Los resultados obtenidos evidencian una estimulación en la longitud de la raíz en la planta del tomate cuando se le aplican dosis bajas (50%). Las dosis incrementadas muestran una tendencia a la inhibición en la longitud de la raíz. La actividad biológica en plantas receptoras de aleloquímicos son dependientes de la concentración de entrada; la respuesta es de estimulación o atracción, con bajas concentraciones de aleloquímicos y de inhibición o rechazo al incrementarse estas (Lovett, 1989, citado por An et a., 2000).

Sin embargo la aplicación de las diferentes dosis de la materia seca tiende a decrecer la longitud del hipocótilo con respecto al control. Esto coincide con estudios realizados por Puente (1998), quien señala que para que se produzcan los efectos alelopáticos, sean de carácter positivo o negativo, directo o indirecto, la concentración de las sustancias aleloquímicas es de gran importancia, a esto se une el papel de la sensibilidad de la especie receptora. Por otra parte Mejias (1995), indica la presencia del fenómeno alelopático manifestado a través de los procesos de estimulación o de inhibición del crecimiento.

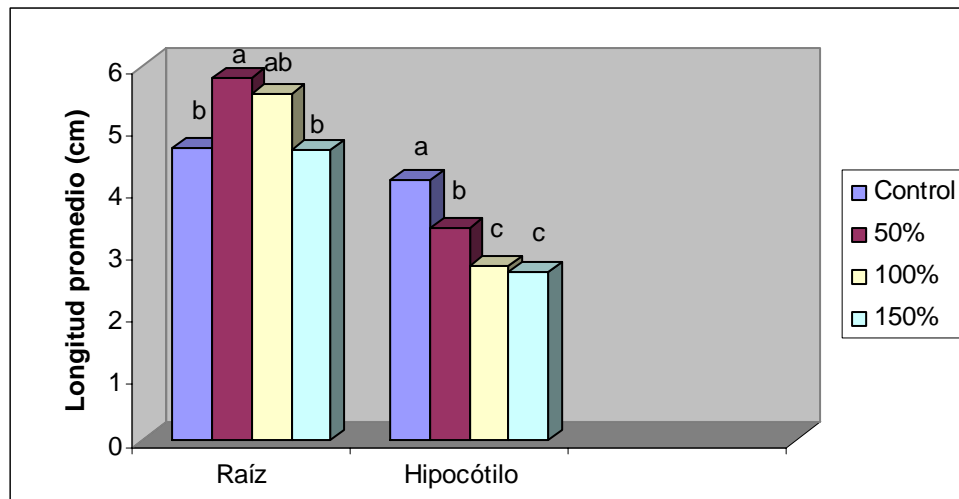


Fig 2. Resultados obtenidos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca de restos de cosecha de arroz sobre el desarrollo del Tomate.

Letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Tukey para $P < 0.05$ en las columnas pertenecientes al cultivo de Tomate.

4.1.3-Efecto de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*, L) sobre el cultivo del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L)

De acuerdo a lo observado en la Figura 3, para la longitud de la raíz no se encontraron diferencias desde el punto de vista estadístico entre las variantes examinadas, lo que indica que las dosis no ejercieron influencia sobre esta variable, no obstante con la

dosis de 100 % (9,55 cm) se alcanzó la cifra más elevada y la más baja la reflejó la dosis de 50 % (8,02 cm).

En cuanto a la longitud del hipocótilo, con el control (4,50 cm) se obtuvo la media más alta y resultó significativo respecto a las restantes variantes (sin diferencias entre ellas), el menor valor se evidenció en la dosis de 100 % (1,87 cm). Desde el punto de vista práctico se puede plantear que la aplicación de la materia seca no ejerció influencia benéfica o perjudicial alguna sobre la longitud de la raíz.

Con respecto a la longitud del hipocótilo se mostró una influencia negativa al mostrar siempre menores valores por debajo del control. Referencias sobre la acción antagónica de algunas especies han sido mencionadas por algunos autores como Detroux (1970) citado por Puerto (2005) quien señala que las semillas en general y los restos de ciertas plantas (raíces o partes aéreas enterradas) pueden ejercer un efecto antagónico sobre otras. Según Labrada (1987) este fenómeno se debe a una reacción bioquímica entre las plantas y agrega que toda especie botánica viva o en descomposición segrega sustancias que se incorporan al medio y pueden ser tóxicas, estimulantes o inocuas para otras.

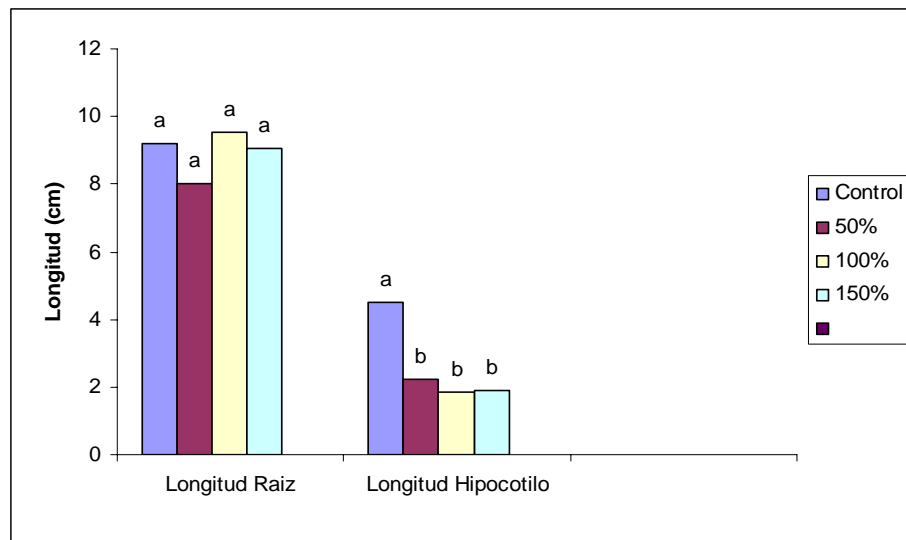


Fig 3. Resultados obtenidos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca de restos de cosecha de arroz sobre el desarrollo del Frijol.

Letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Tukey para $P < 0.05$ en las columnas pertenecientes al cultivo del Frijol.

4.2- Resultados de los ensayos conducidos en condiciones semicontroladas (bandejas de poliestireno)

4.2.1-Efecto de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa,L*) sobre el cultivo del Tomate(*Lycopersicum esculentum Mill*)

En ambos indicadores (longitud de la raíz y del hipocótilo) los tratamientos manifestaron diferencias estadísticas, en el primero con la variante 150 % (4,35 cm) se obtuvo el mejor comportamiento y el más desfavorable se alcanzó con el control (1,95 cm); en la segunda evaluación, con el control se obtuvo la cifra más favorable (5,53 cm) el resto produjo una inhibición con respecto al control con valores promedio inferiores (3,75 cm para el 100 %, 3,64 cm para el 150 % y 3,38 cm para el 50 %).

Se puede afirmar que la longitud de la raíz se vio fuertemente estimulada con las dosis incrementadas de materia seca. El efecto alelopático de algunas especies como estimuladoras del crecimiento ha sido explicado por la presencia de altos niveles de compuestos fenológicos como el ácido cafeíco, ferúlido, protocafético y el flavonoide quercetina (Puerto 2002, citado por Ambika *et al.*, 2003).

En el indicador longitud del hipocótilo se observa lo contrario con valores inferiores al control. Lo cual se corrobora con resultados obtenidos por Guenzi y McCalla (1966) que plantean que el ácido p-cumárico antagonista con el ácido indolacético al estimular las oxidasas.

Pazmiño, (1999) plantea que el fenómeno alelopático puede manifestar sus efectos a través de la inhibición o estimulación de los procesos de crecimiento de las plantas.

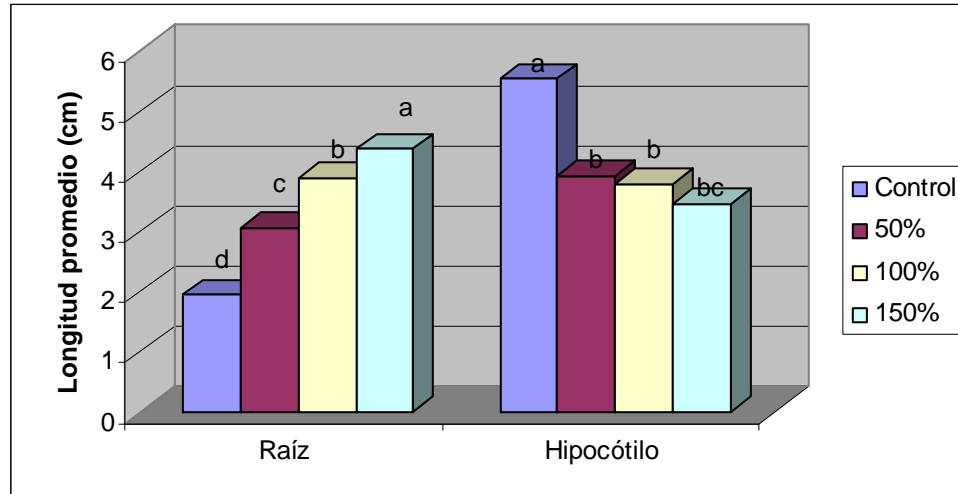


Fig 4. Resultados obtenidos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca sobre el desarrollo del Tomate.

4.2.2-Efecto de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*, L) sobre el cultivo de la Col (*Brassica oleraceae*)

De acuerdo a los valores de la Figura 5, no se detectaron diferencias desde el punto de vista estadístico entre las variantes evaluadas para la longitud de la raíz, en cuanto a la longitud del hipocótilo con el control se obtuvo la media más elevada (4,29cm) con diferencias altamente significativas respecto al resto que provocó inhibición en esta variable.

Con respecto a los resultados obtenidos en el indicador longitud de la raíz no se observa influencia alguna al aplicar las diferentes dosis de materia seca.

Sin embargo la longitud del hipocótilo se ve inhibida con la aplicación de las diferentes dosis de materia seca. Esto concuerda con lo que Alderez (1996) expresa como una condición para que el fenómeno alelopático ejerza su efecto: que exista en el

suelo suficiente cantidad o concentración del compuesto alelopático. Según Blum *et al.*, (1992) y citado por Pazmiño (1999) la actividad alelopática depende de diversos factores, entre ellos está la sensibilidad de la especie receptora.

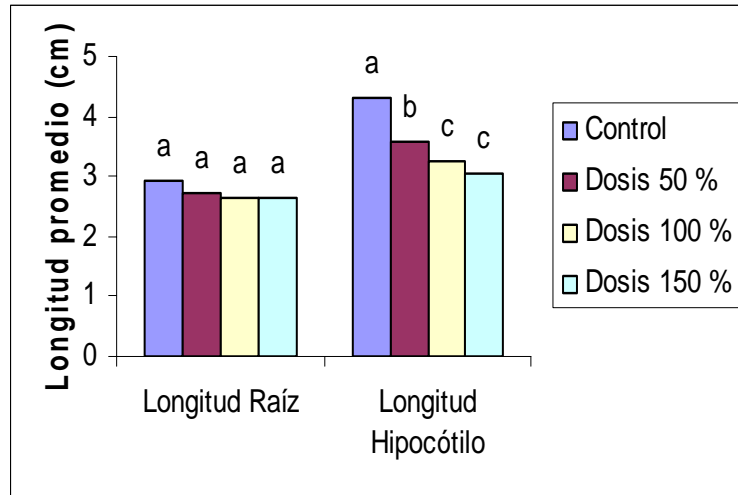


Fig 5. Resultados obtenidos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca sobre el desarrollo de la Col.

4.2.3-Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa,L*) sobre el cultivo del Frijol (*Phaseolus vulgaris L*)

Según los datos de la tabla 2 no se detectaron diferencias desde el punto de vista estadístico entre las variantes examinadas, lo que indica que las diferentes dosis de la materia seca de los restos de cosecha de arroz no produjeron ningún efecto alelopático. Se evidencia una inocuidad de los restos de cosecha sobre las posteriores siembras de frijol en el mismo terreno.

Tabla 2. Resultados obtenidos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca de los restos de cosecha de arroz sobre el desarrollo del Frijol. (cm).

Tratamientos	Variables		
	Longitud raíz	Longitud hipocotilo	Longitud epicotilo
Control	6,56 a	8,62 a	1,34 a
50 %	6,01 a	8,62 a	1,36 a
100 %	5,90 a	8,37 a	1,36 a
150 %	5,65 a	8,00 a	1,29 a
		0,16ns	0,03ns

4.3- Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*,L) sobre la germinación en los cultivos de Tomate, Col y Frijol en condiciones semicontroladas (Bandejas de poliestireno).

4.3.1-Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*,L) sobre la germinación en el cultivo del Tomate.

En la Figura 6 se evaluó el porcentaje de semillas germinadas en el cultivo del Tomate y se pudo apreciar que en las dosis bajas (50%) de materia seca no hubo diferencia estadística con respecto al control, no siendo de igual forma al aplicar las dosis incrementadas de restos de cosecha de arroz donde se obtuvo una inhibición de semillas germinadas con respecto al control. Resultados semejantes obtuvo Sobrero *et al.*, (2004) con extractos preparados de rizomas y hojas de *Wedelia glauca*, las que mostraron efectos inhibitorios en la germinación de tomate y otros cultivos hortícola. Macias *et al.*, (1993) plantearon que generalmente con un potencial fitotóxico elevado el efecto es mayor y con otros niveles el efecto puede ocasionar retardo en el tiempo de germinación, considerando que tanto la inhibición como el retardo son importantes en el proceso de germinación.

4.3.2-Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*, L) sobre la germinación en el cultivo de la Col.

Al evaluar el porcentaje de plantas germinadas del cultivo de la Col, se evidenció una disminución sensible al aplicarle las diferentes dosis de materia seca, donde en el menor de los casos (50%) fue afectada aproximadamente en un 15% menor con respecto al control (Figura 6). Lo cual se corrobora con lo que describe Sampietro (2001), sobre el efecto perjudicial o benéfico de sustancias tóxicas incorporadas por otra planta sobre la germinación y crecimiento; al igual que cita Norrington-Davies (1994), sobre la inhibición de la germinación como consecuencia de sustancias tóxicas emitidas por otras plantas.

4.3.3-Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*, L) sobre la germinación en el cultivo de Frijol.

En el cultivo del frijol se observó en la figura que no hubo diferencia desde el punto de vista estadístico por lo que podemos plantear que la materia seca que se aplicó en las diferentes dosis no produjeron efecto alguno en el cultivo del frijol (Figura 6). Resultados similares los obtuvo Torres *et al.*, (2005), al probar el Orozuz sobre el Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) no observó efectos significativos sobre la germinación de los mismos, posiblemente debido a los suficientes y eficaces contenidos alimenticios de los cotiledones que en cierta medida neutralizan a los agentes alelopáticos impidiendo su acción.

Los ensayos de germinación y los de crecimiento de plántulas son ampliamente utilizados debido a que son sencillos y permiten una evaluación rápida de la respuesta de una especie vegetal a un agente alelopático determinado. Como especie receptora se puede utilizar cualquier cultivo. (Sampietro, 2001).

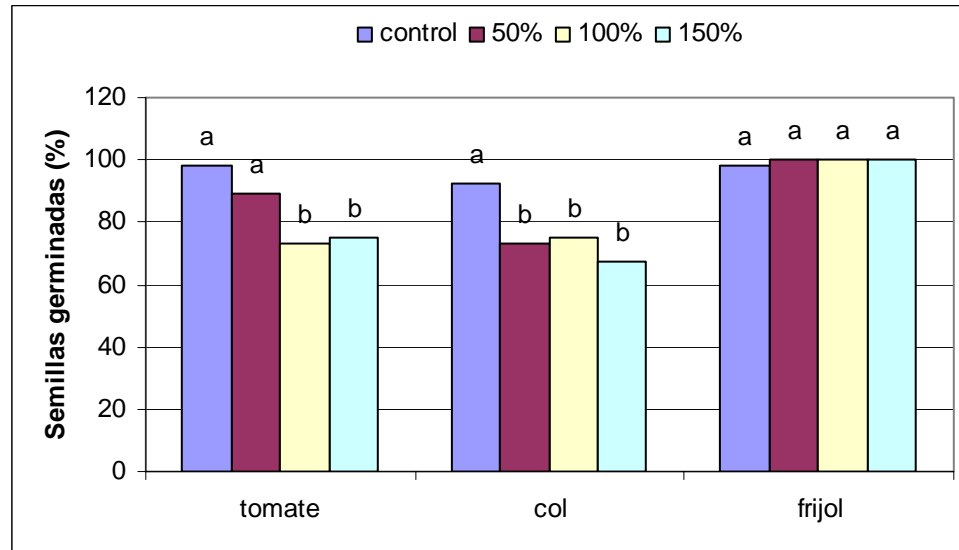


Fig 6. Resultados obtenidos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca sobre la germinación de los cultivos Tomate, Col y Frijol.

4.4-Efecto alelopático de los residuos de cosecha de arroz sobre el número de plantas de malezas.

4.4.1-Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*, L) sobre número de plantas de monocotiledóneas

De acuerdo con los resultados obtenidos con respecto al efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el número de plantas monocotiledóneas (Figura 7) podemos decir que los restos de materia seca tuvieron un fuerte efecto alelopático sobre las malezas en especial la dosis del 100% redujeron considerablemente (en un 50%) el número de plantas monocotiledóneas con respecto al control. La presencia de metabolitos inhibidores, como las Cumarinas en las plantas de arroz, pueden ser un factor de los responsables de la inhibición o retardo de

la germinación corroborando lo planteado por Barceló *et al.*, (1995) y Almeida (1998) sobre el papel de estos metabolitos. El uso de restos de plantas como cobertores en cultivos tiene una amplia aceptación entre los agricultores del mundo, pues mejoran la fertilidad del suelo, minimizan la erosión de estos y a través de los aleloquímicos liberados pueden ofrecer un control sobre la germinación y crecimiento de malezas (Leibl y Worsham, 1983; Shilling *et al.*, 1985, Martín *et al.*, 1990; Smith y Martin, 1994; citados por Dilday *et al.*, 1997).

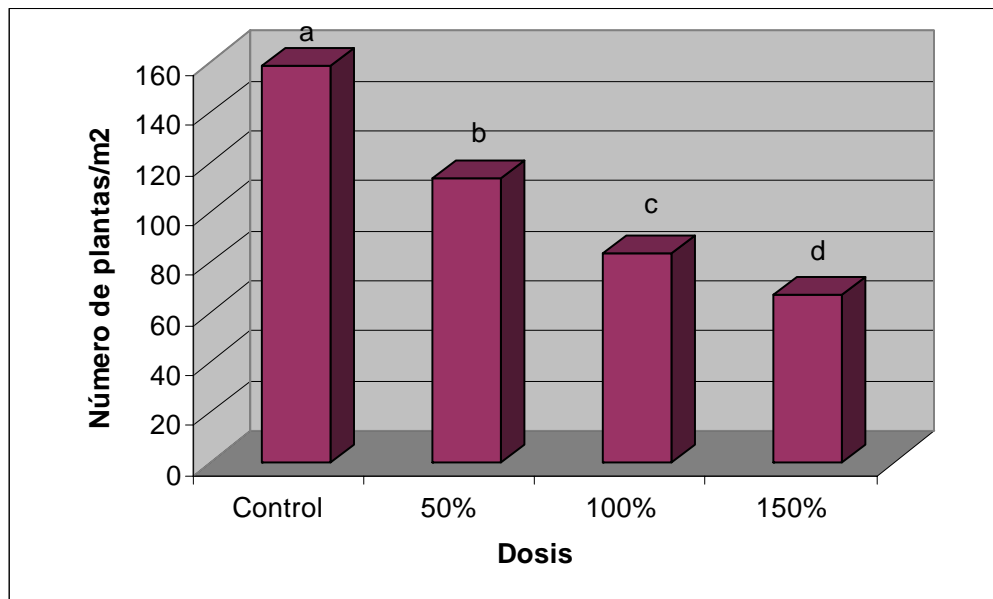


Fig 7. Efecto alelopático de restos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*) sobre el número de malezas/m² (monocotiledóneas)

Letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Duncan para $P < 0.05$.

4.4.2-Efectos de diferentes dosis de residuos de cosecha de arroz (*Oryza sativa*,L) sobre número de plantas dicotiledóneas

En la Figura 8 se muestra un evidente efecto alelopático de materia seca de los restos de cosecha de arroz sobre las malezas (dicotiledóneas). Las dosis mayores son las que ejercen el mayor efecto al inhibir considerablemente las plantas con respecto al testigo. En la dosis de 150% es donde se presenta el menor número de plantas con una diferencia de aproximadamente 120 plantas menos con respecto al testigo, el cual presenta una población de malezas de 188 plantas/m². Esto concuerda con lo planteado por Elliot *et al.*, (1978), donde se dice que los compuestos orgánicos cuando son producidos en exceso pueden actuar como inhibidores de semillas. Sobre este tipo de respuesta (germinación) Bowen (1991) señala que la concentración es de gran importancia, en tanto Putnam y Duke (1978) y Fourmier (1985) plantean que la magnitud de la respuesta depende en buena parte de la receptividad de la planta afectada con lo que pudiera corresponderse nuestros resultados.

Los restos de cosechas (secados y finamente molidos) de otros cultivos también ejercen efectos alelopáticos inhibitorios similares a los nuestros. Así Blue *et al.*, (2002), reportan que los residuos de la cosecha del trigo ejercen regulación muy efectiva de las hierbas dicotiledóneas en un rango variable según las diferentes especies, que ha llegado hasta el 92% de inhibición de la población. En correspondencia con los resultados obtenidos en la disminución del número de plantas de malezas/m² y del peso seco, tanto en las malezas monocotiledóneas como dicotiledóneas, se ha reportado que la fitotoxicidad de los restos de cosecha del arroz permanecen activos en el suelo durante 16 semanas, según Kimber (1973); Chou y Lin (1976); Chou y Chou (1979); citados por Narwal (1994).

Las fitotoxinas de los residuos de los cultivos tienen mayormente efectos negativos sobre las plantas tales como: inhibición completa o parcial de la germinación, reducción

de la población de plantas, brotes y raíces deformadas, menor absorción de nutrientes, ahijamiento reducido, clorosis, según Hicks (1988) citado por Narwal (1994). Sistemas de monocultivos de arroz en Taiwán han resultado una reducción del rendimiento del 25% en la segunda cosecha en relación con la primera. Los residuos descompuestos de esas cosechas de arroz contenían: ácidos p-hidroxibenzoico; p-cumaricos; siringico; vanílico; ferúlico; propionico; y butírico, según Chou y Lin (1976) citados por Narwal (1994). Todo lo anterior permite un mayor respaldo a los resultados encontrados en el comportamiento de las malezas frente a los restos de cosecha del arroz.

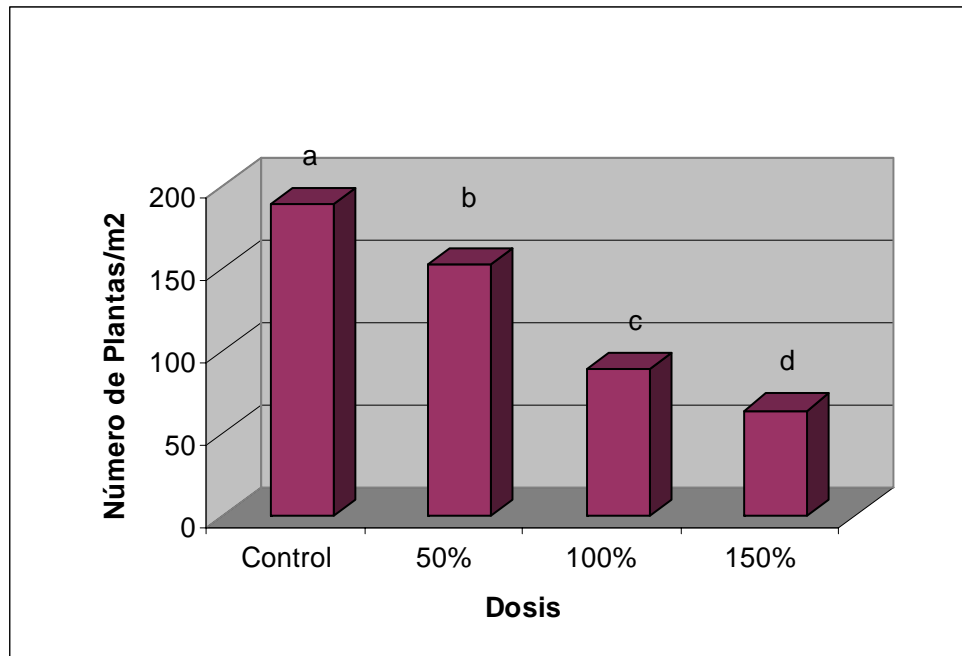


Figura 8. Efectos alelopáticos de restos de cosecha de arroz (*Oryza sativa.L*) sobre el número de malezas/m² (dicotiledóneas)

Letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Duncan para $P < 0.05$.

4.5-Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en malezas.

4.5.1-Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en plantas dicotiledóneas

En la figura 9 se muestran los valores de peso seco en el ensayo de campo donde se evidencia el poder inhibitorio de las diferentes dosis de materia seca de restos de cosecha de arroz sobre las malezas (dicotiledóneas). Las que presentan diferencia significativa entre sí. El control presenta los mayores valores del peso seco de la maleza. Los anteriores resultados se corresponden con el número de plantas de maleza en los tratamientos estudiados, por ejemplo el peso seco de las plantas dicotiledóneas en la dosis de 100% equivale a la mitad del peso seco de las plantas en el control. Resultados similares han sido reportados por Narwal (1994). El arroz presenta estructuras flavonoides, compuestos capaces de inhibir la respiración, causar desacople fosforilativo, en la fotosíntesis y en la actividad enzimática. (Corcoran et al., 1972; Lovett et al., 1982; Newman, 1982; Almeida, 1988; Barceló *et al.*, 1995; citados por Puente, 1998).

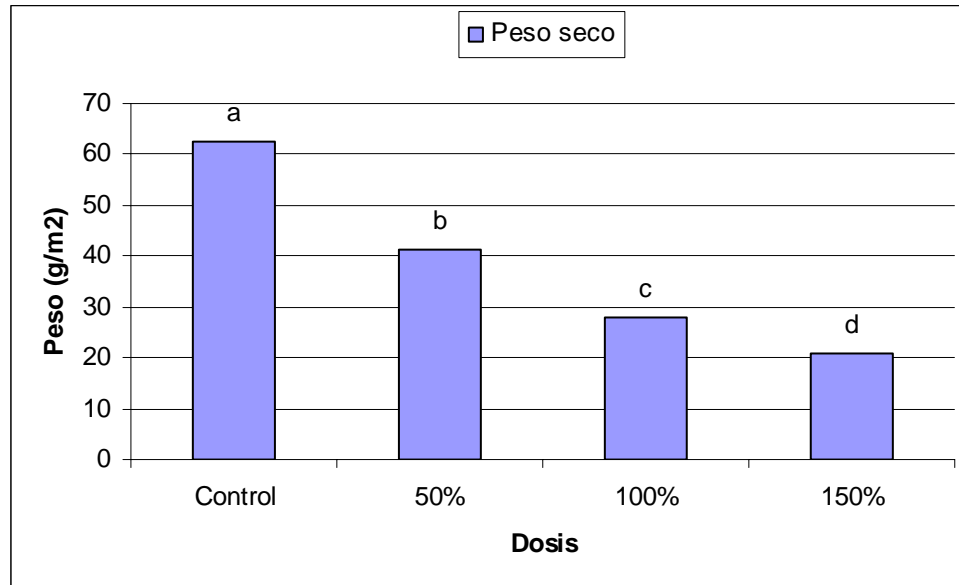


Fig 9. Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en plantas dicotiledóneas.

4.5.2-Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en plantas monocotiledóneas.

En este caso se obtiene un comportamiento similar al anterior, como se muestra en la figura 10. El peso seco de la dosis de 100% equivale al 38,8% de la biomasa seca del control. Donde se evidencia un gran efecto inhibitorio de la materia seca de los restos de cosecha de arroz sobre plantas monocotiledóneas. Puente (1998) al analizar la influencia de extractos acuosos de girasol (*Helianthus annus L.*) sobre el peso seco de plantas monocotiledóneas observó una disminución marcada en la biomasa seca de las plantas que se le aplicaron las diferentes dosis con respecto al control. Similares resultado fueron planteados por Norrington-Davies (1994).

El grado de inhibición o estimulación depende de la concentración empleada y de la especie tratada (Ambika *et al.*, 2003).

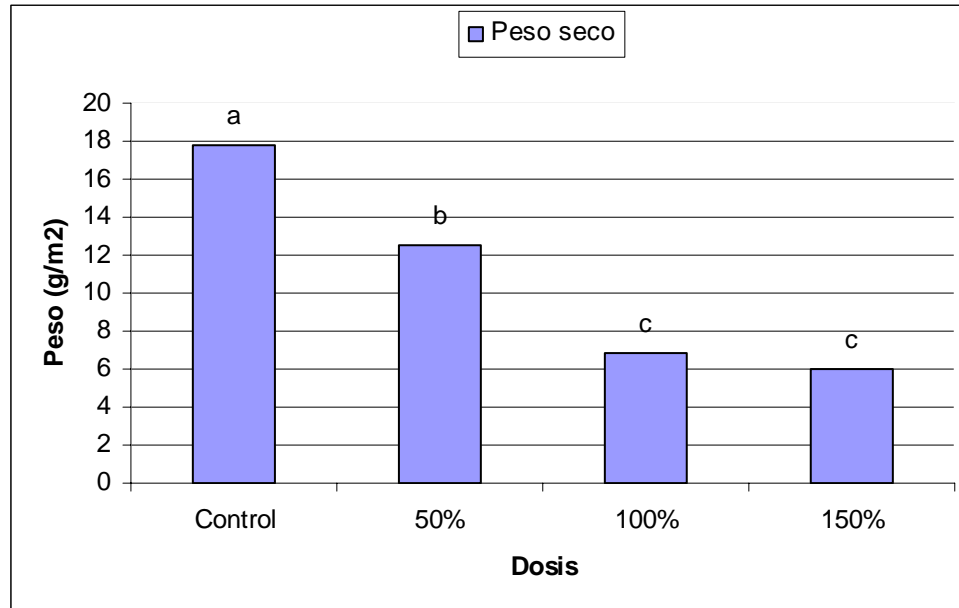


Fig 10. Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en plantas monocotiledóneas.

4.6-Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en cultivos.

4.6.1-Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo del Tomate en condiciones semicontroladas. (Bandejas de poliestireno)

En la figura 11 pueden observarse los diferentes dosis de materia seca de restos de cosecha de arroz, mostrando un gran poder inhibitorio sobre el cultivo del Tomate. Las diferentes dosis (sin diferencias estadísticas entre ellas) presentan valores casi ocho veces menor que el control. Este efecto se puede deber a la presencia de aleloquímicos que producen afectaciones al transporte de electrones en la fotosíntesis y respiración, inhibiendo la síntesis de ATP, disminuyendo la capacidad productora y la eficiencia en el uso de los sustratos reservados según Almeida, (1988). En arroz se ha

encontrado que el efecto residual puede diferir entre cultivares alelopáticos, lo que sugiere que más de un aleloquímico está envuelto y ellos pueden tener diferente persistencia en los suelos. (Olofsdotter, 2001)

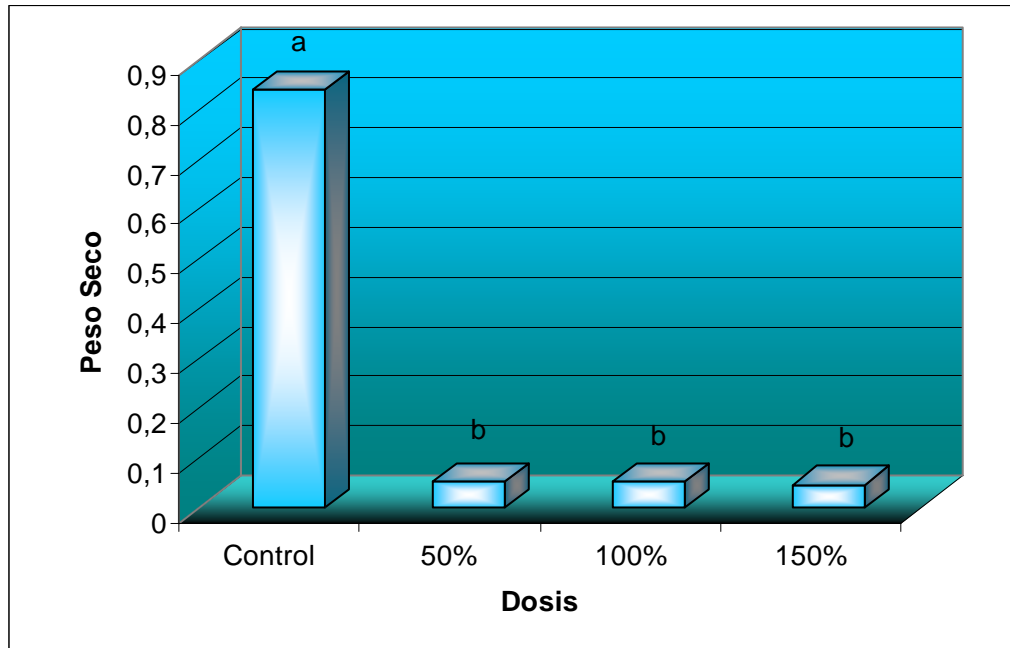


Fig 11. Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo del Tomate

4.6.2-Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo del Frijol.

En este indicador no existen diferencias significativas entre ninguna de las dosis utilizadas incluyendo al control (figura 12). Al observar la escala empleada como la diferencia entre ellos es extremadamente pequeña. Esto evidencia la no existencia de efecto alelopático alguno de la materia seca de los restos de cosecha de arroz sobre el cultivo del Frijol.

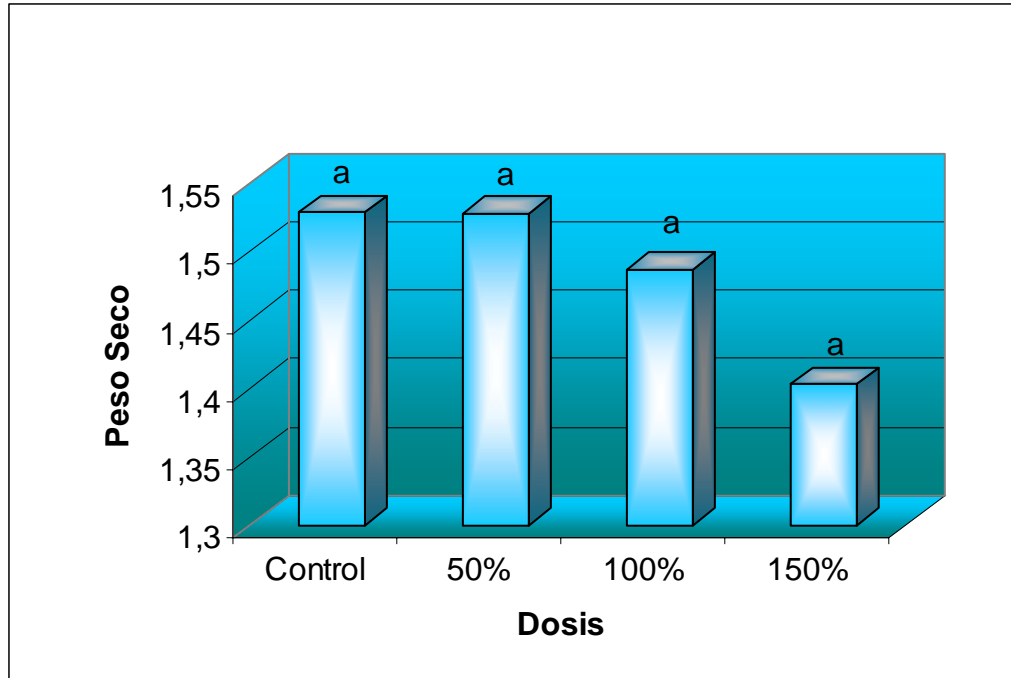


Fig 12. Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo del Frijol.

4.6.3-Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo de la Col.

Con lo observado en la figura 13 se reportan los menores valores de materia seca donde se emplearon las diferentes dosis sin diferencias estadísticas entre ellas, pero si superadas significativamente por el control. El comportamiento del contenido de masa seca, en particular con relación a los residuos de cosecha de arroz donde ocurrió la mayor acumulación, puede también estar influido por el fuerte poder inhibitorio de estos restos vegetales, pues existen indicadores de que las sustancias alelopáticas alteran el balance hídrico, influyendo en el crecimiento y por ende en el contenido de masa seca, así se ve que los resto pudieron alterar el balance hídrico e inhibe el crecimiento de la col. (Guedes *et al.*, 2002) sugieren que los aleloquímicos (fenoles, flavononas, saponinas, taninos y terpenoides) presentes en *C. rotundus* produjeron un estímulo del

peso seco de la planta manifestándose el fenómeno de horméis, es decir, las concentraciones bajas no fueron tóxicas sino más bien beneficiosas, esto no concuerda con nuestros resultados.

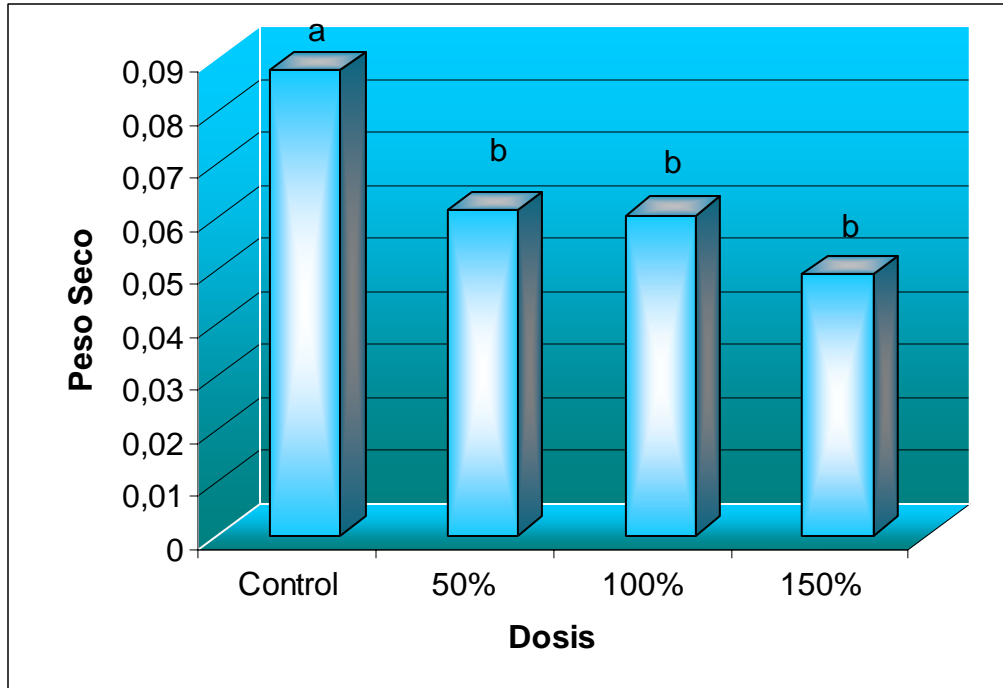


Fig 13. Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el peso seco en el cultivo de la Col.

4.7- Efectos alelopáticos de la aplicación de diferentes dosis de materia seca de resto de cosecha de arroz sobre colonias de microorganismos

Tabla.3 Dinámica de las colonias de microorganismos, a los 20 y 40 días de aplicados los tratamientos en el suelo estudiado

Microorganismos.	Dosis.	Conteo a los 20 días.	Conteo a los 40 días.
Hongos	Control	3.5 E ⁵	5.3 E ⁵
	50%	3.9 E ⁵	5.5 E ⁵
	100%	4.8 E ⁵	5.9 E ⁵
	150%	4.9 E ⁵	6.3 E ⁵
Bacterias	Control	2.5 E ⁷	3.7 E ⁷
	50%	5.8 E ⁷	1.9 E ⁸
	100%	7.5 E ⁷	4.4 E ⁸
	150%	1.1 E ⁸	5.3 E ⁸
Actinomiceto	Control	4.3 E ⁵	4.5 E ⁵
	50%	5.6 E ⁵	4.8 E ⁶
	100%	6.4 E ⁵	5.6 E ⁶
	150%	8.6 E ⁵	7.5 E ⁶

De lo expresado en la tabla 3 y el anexo 3, al establecer un estado comparativo de la dinámica de las colonias de microorganismos a los 20 y 40 días, en el trabajo de campo se obtiene lo siguiente: se producen incrementos notables tanto en las colonias de azotobacter como en las bacterias en general y las solubilizadoras de fósforo con las diferentes dosis de los restos de cosecha del arroz, en comparación con el testigo. Debe tenerse presente que estos restos constituyen fuentes carbonadas para el

desarrollo de los microorganismos del suelo lo que explica ese incremento, además al transcurrir de los 20 a los 40 días se incrementan las plantas de malezas, se descomponen restos, se va acumulando materia orgánica, todo lo que hace posible que las poblaciones se incrementen. Este incremento tiene lugar incluso en el control que no ha recibido restos de la cosecha de arroz, pero en ese tratamiento se está incrementando la población de malezas, lo que también influye en los microorganismos. Al tenerse también incremento de las bacterias solubilizadoras de fósforo, constituye un aporte adicional importante, por cuanto permite una mayor disponibilidad de ese elemento para las plantas dada la conocida fijación de este en nuestros suelos. Los hongos celulolíticos tienden a descomponer la celulosa que está en el suelo, de esta forma la planta la puede asimilar mejor. Además, Cupull *et al.*,(2000) señalan que el azotobacter es un microorganismo estimulante de la germinación en posturas de café y de papaya, así como para el control de *Rhizoctonia solani*. Puente (1995) expresa que el extracto acuoso de girasol (*Helianthus annuus L.*) causó una inhibición en el caso de las bacterias, las poblaciones de hongos los estimuló y sobre actinomiceto evidenció un efecto inocuo.

Conclusiones

- Los restos de cosecha de arroz ejercieron efecto alelopático estimulante sobre las raíces de plántulas de tomate, pero inhiben fuertemente el hipocótilo de esta planta dando valores incluso menores que el control.
- Dosis incrementadas de los restos de cosecha de arroz inhibieron notablemente la longitud del hipocótilo de la planta de col, pero no ejercen influencia alguna sobre la longitud de la raíz.
- Los restos de cosecha de arroz no ejercieron efecto alelopático alguno sobre raíces e hipocótilo de plántulas de frijol.
- Los restos de cosecha de arroz tuvieron efectos inhibitorios de la germinación de la semilla de tomate a dosis de 100 y 150%.
- Las diferentes dosis de los restos de cosecha de arroz tienden a reducir la germinación de la semilla de col, resultando en valores inferiores al testigo.
- La población de malezas (monocotiledóneas) fueron fuertemente inhibidas por efectos alelopáticos de los restos de cosecha del arroz. Dosis del 100% de los restos redujeron el número de malezas en un 50% en comparación con el control.
- Las malezas (dicotiledóneas) mostraron menor población de malezas con dosis incrementadas de restos de cosecha del arroz. Con dosis del 150% se reportaron 120 plantas de malezas menos que el control.

- El peso seco de las malezas tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas en correspondencia con la población de plantas, es inferior al control.
- Los restos de cosecha del arroz reducen el peso seco de las plántulas de tomate y de col, pero no de frijol.
- En general se produjeron incrementos sustanciales de las colonias de microorganismos (UFC) en bacterias, hongos y actinomicetos, a medida que se aplicaron dosis mayores de los restos de cosecha del arroz.

Recomendaciones

- Repetir el ensayo con la inclusión de otras especies hortícolas. Aplicar restos de cosecha de arroz como cobertura de suelo para control de malezas en siembras de frijol, con la finalidad de su comprobación en áreas de producción.
- Definir las especies de malezas con mayor y/o menor susceptibilidad ante estos restos.
- Repetir estos ensayos con otros cultivos para definir el efecto alelopático de estos últimos ante los restos de cosecha del arroz
- Emplear restos de cosecha de arroz en aquellos suelos con bajos niveles de fósforo asimilable.

Referencias Bibliográficas

- 1- Acosta, E.,..., Sánchez, B. J. Bañón, A. M- (2001). Auxinas. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de Barcelona. España 305-323.
- 2- Agronomy journal (2001). Location genes controlling rice allelopathic effects against barnyardgrass in upland rice. *Agron. J.* 93: 21-26.
- 3- Alderéz, o. 1996. Trabajo de diploma. Ingeniero Agrónomo. ISCHH
- 4- Almeida F.S (1988). Alelopatía de las plantas. Londrina, IAAR.60p.
- 5- Altieri, M. A. (1997). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. CIADE. ACAO. 132 p.
- 6- Ambika ,S.,Poornima, S., Palaniraj, R .,Sati , S .,Narwal ,S. (2003). Allelopathic plants: 10. Lantana camara L. *Allelopathy journal* (12): 147-162.
- 7- Ampong-Nyarko, De Datta, S. K. (1991) A Handbook for Weed Co in Rice. International Rice Research Institute, P O Box 933, 10 99 Manila, Filipinas.
- 8- An, M.; Pratley, J. and Haig, T. 2000. Allelopathy: from concept to reality. Disponible en: <http://me.csu.edu.au/agronomic/papers/314/.html>. Consultado: 13/4/08
- 9- Barceló, J.; Nicolás, G.; Sabater, G. Y Sánchez, R.1995: "Acido abscísico y otros inhibidores S.A. 7ma edición. Madrid pp: 416-431.

- 10- Batish DR., Singh, HP., Pandher JK., Kolhy RK (2005) .Allelopathic interference of Parthenium hysterophorus residues in soil. *Allelopathy Journal* (15): 267-274.
- 11- Blum, W., Weed ,S B.,Dalton B R.(1987).Influence of various soil factors on the effects of ferulic acid on leaf expansion of cucumber seedling. *Plant Soil* (98):111-130.
- 12- Bonner, J. (1950). The role of toxic substances in the interactions of higher plants. *The Botanical Review* (16): 51-65. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>. Consultado: 20/4/08
- 13- Bowen, J. E. (1991). Las Alelopatías en la producción agrícola. *Agricultura de las Américas*. 40 (1):8-11.
- 14- Cairo, P; Fundora, O. (1994) Edafología. Editorial Pueblo y Educación. pp. 356-364.
- 15- Castellanos, D. (2002) Optimización de bioensayos alelopáticos. Aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. Tesis de doctorado. Departamento de Química Orgánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz pp 578.
- 16- Chou, C.H. (1980). Allelopathic researches in the subtropical vegetation in Taiwan. *Comp. Physiol. Ecol.* (5):222-234.
- 17- Cochran, V.L., Elliot, L.F. and Papendik, R.I. (1977). The production of phytotoxins from surface crop residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (41):903-908.

18- Courtois, B. y Olofsdotter, M. (1998). Incorporating the allelopathy trait in upland rice breeding programs. En: Olofsdotter, M. ed. *Allelopathy in Rice*. Manila, Filipinas: Int. Rice Research Institute. pp. 57-68.

19- Diode, B., J. King; T. Lavy; D. Oliver y R. Talbert. (1997). Weed Control with Allelopathy. Arkansas Agricultural Experiments Station. Universidad of ARKANSAS. 10p.

20- Dilday, R. H., R. E. Frans, N. Semidey and R. J. Smith. (1997). Weed control with crop allelopathy. Arkansas Farm Research. 41 (4): 14-15.

21- Dilday, R. H., Yan, W. G., Moldenhauer, K. A. K. y Gravois, K. A. (1998). *Allelopathic activity in rice for controlling major aquatic weeds* Allelopathy in rice. Manila, Filipinas: Int. Rice Research Institute. pp. 7-26.

22- Dilday, RH., Nastasi P., Lin J., Smith RJ. (1991) Allelopathic activity in rice (*Oryza sativa*, L.) against duckweed (*Heteranthera limosa* (Sw) Wild. In Proceedings of Sustainable Agriculture for the Great Plains pp.193-201.

Disponible en:

<http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 20/4/08

23- Duke ,S., Scheffler ,B .,Dayan ,F.,Weston,L.,Ota, E.(2001). Strategies for using transgenes to produce allelopathic crops. *Weed Tech.* (15):826-834.

24- Ebana, K., Yan, W., Dilday, R. H., Namai, H. y Okuno, K. (2001). Variation in the allelopathic effect of rice with water soluble extracts. *Agronomy J.* (93): 12-16

25- Einhehelig, F. A., Leather, G. R. y Hobbs, L. (1985.) Use of *Lemma minor* L. as a bioassay in allelopathy. *J. Chemical Ecology* 11(1): 65-72. Disponible en:
<http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 20/4/08

26- Fisher, F. R. 1979. Allelopathy in: Horsfall, J. C. Y Cowling, E. B. *Plants Diseases: An Advanced Treatise* New York. Academic Press. Vol 4: 313-330.

27- Fournier, L. (1985). El fenómeno de la Alelopatía y su posible aplicación en la agricultura. Resumen del seminario Manejo integrado de Malezas. *PLITS* 3 (2): 12-23.

28- Fujii Y; Waller G.R. (1994). Allelopathy of cover crops and their application to sustainable agricultura. In *Abstracts in Sustainable Agriculture, Forestry, and Enviromental*. Eds; S S Narwal and P Tauro. India.

29- Fujii, Y. (1992). The potential biological control of paddy weeds with allelopathy: allelopathic effect of some rice varieties En: *Int. Symposium on Biological Control and Integrated Management of Paddy and Aquatic Weeds in Asia*. Tsukuba, Japón. National Agricultural Research Center. pp. 305-320.

Grupo de Alelopatía de la Universidad de Cádiz (GAC), (2001). Estudios sobre Herbicidas Naturales. Disponible en:

http://www.universia.es/html_estatico/portada/actualidad/noticia_actualidad/param/noticia/feia.html. Consultado: 20/4/08

30- Guedes, C. M.; Melo De Souza, C.; De Morais , V.; Alves De Carvalho, G. E. De Paiva F., S. 2002. Efeitos de extratos aquosos de tiririca sobre a germinação de alface, pimentão e jiló e sobre a divisão celular na radícula de alface. *Ceres*. 49(281):1-11.

- 31- Guenzi, W.D; McCalla, T. M.1966.Inhibition of germination and seedling development by crop residues. *Soil Sci.Soc. Am. Proc.*26:456-458
- 32- H H He .,W X Lin.,H B Wang.,C X Fang.,Q F Gan .,W X Wu ., X X Chen ., Y Y Liang (2006). Analysis of metabolites in root exudates from allelopathic and non allelopathic rice seedlings. *Allelopathy Journal* 18(2): 247-254.
- 33- H.B.He, W.X.Lin, H.B.Wang, C.X.Fang, Q.F.Gan, W, X, W V, X.X.Chen Y.Y. Liang. (2006). Analisis of metabolites in root exudates from allelopathic and non allelopathic rice seedling. *Allelopathy Journal* 18 (2): 247 – 254. (2006).
- 34- Hasan., S.M; Aidy. I.R; Draz. A.E; Bastawisi.Improving weed management in rice through allelopathic rice varieties. (1998). III International Congress allelopathy in ecological agriculture and forestry.Augut 18-21.India.
- 35- Heckman, J R .Kluchinsky, D. (1995). Soybean nodulation and nitrogen fixation on soil amended with plant residues. *Biology and Fertility Soils.* (20): 284-288.
- 36- Hui Lin Xiao., Shao Lin Peng., Jiang Ming Mo.,Zhuo Quan Chin., Jin Rong Wu (2007). Relationships between the allelopathy and nutriens content in plant and soil. *Allelopathy Journal* 19(2):297-310.
- 37- Internacional Allelopathy Society (1996). Disponible en: <http://www.as.uca.es/bylaws.htm>. Consultado: 16/3/08

38- Itoh, K. (2000). Importance of biodiversity of aquatic plants in agro-ecosystem for rice production. En: *Abstracts of the Int. Symposium on Weed Biodiversity* (National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan, 28-30 November, 2000). Weed Science Society of the Republic of China and National Sun Yat-sen University, Kaoshing, p. 10.

Disponible en:

<http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 28/4/08

39- Jacob J., R H Patil, M Joy, A M Nair. (2006). Methodology of Allelopathic research: 1. Agroforestry systems. *Allelopathy Journal* 18(2):173-214.

40- Kil-Ung K, S Dong-Hyun (2002). La importancia de la alelopatía en la obtención de nuevos cultivares.

41- Kim, K. U. y Shin, D. H. (1998). Rice allelopathy research in Korea. En: M. Olofsdotter, ed. *Proc. of the Workshop on Allelopathy in Rice*, 25-27 November 1996. Manila (Philippines): Int. Rice Research Institute. pp. 39-44.

42- Kim, K. U., Shin, D. H., Kim, H. Y. Lee, I. J. y Olofsdotter, M. (1999). Evaluation of allelopathic potential in rice germoplasm. *Korean J. of Weed Sci.* 9(2): 1-9.

Disponible en:

<http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 20/4/08

43- Kim, K. W., Kim, K. U., Shin, D. H., Lee, I. J., Kim, H. Y., Koh, J. C. Nam, S. H. (2000) Searching for allelochemicals from allelopathic rice cultivar 'Kouketsumochi'. *Korean J. of Weed Sci.* 20 (3): 197-207. Disponible en:

<http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 20/4/08

- 44- Kim, K. W., Kim, K. U. (2000). Searching for rice allelochemicals. *Rice Allelopathy*. pp 83-95. Korea.
- 45- Kimber, R. W. (1973). Phytotoxicity from plant residues. The effect of time of rotting of straw from grasses and legumes on the growth of wheat seedlings. *Plant Soil* 38: 543-555.
- 46- Kobayashi, K. (2004). Factors affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. *Weed Biology and Management* 4: 1-7
- 47- Labrada, R. (1987) Taller Regional de entrenamiento en Manejo mejorado de Malezas en IV Resumen de los Temas Abordados Alelopatía, Nicaragua. FAO. MININRA.
- 48- Leicach, Silvia. (2005.) Alelopatía. Estrategias defensivas de los vegetales. Departamento de Biología Aplicada y Alimentos, Facultad de Agronomía, UBA. *Revista Ciencia Hoy*. Vol.15, No.89. Disponible en: <http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy89/alelopatia.htm> Consultado: 12/3/08
- 49- Lerch G. (1977). La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. La Habana. Ed. Científico Técnica. . 302. pp.
- 50- Lin W L, Shin. DH (1999). Rice allelopathic potential and its modes of action on Barnyardgrass (*Echinochloa crus-gallis*). *Allelopathy Journal* 7 (2): 215-224.
- 51- Liu, D. L. y Lovett, J. V. (1993.) Biologically active secondary metabolites of barley. 1. Developing techniques and accessing allelopathy in barley. *J. of Chemical Ecology* 19 (10): 2217-2230. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 20/4/08

52- Macias F.A.; Varela R.M; Torres A; Mollinedo J.M (1994) Potencial of sunflower (*Helianthus annus L*) as source of natural herbicide models. Abstracts in Sustainable Agriculture, Forestry and Enviromental. Eds; S S Narwal and P Tauro. India

53- Macias, F. A., Castellons,D., Oliva, R.M., Cross, P. et Torres, A.1997.Potencial use of allelopathic agent natural agrochemicals. Departamento de Química Orgánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Cadiz. Breghton crop protection conference weeds,pp 33-38.

54- Malik, M A B (1999). Allelopathy and nitrogen fixation in legumes. Allelopathy Update: Basic and Applied Aspects (.Ed., S. S. Narwal) Volume 2: 177-200 Science Publishers.

55- Malik, M A B., Williams, R D. (2005) Allelopathy growth stimulation of plants and microorganisms. Allelopathy Journal 16: 175-198.

56- Maroto, V. (2000). La desinfección como medio de la fatiga del suelo. Disponible en: <http://www.cuencarural.com>. Consultado: 20/3/08

57- Mattice J D, Skulman B W and. Lave T L (2001) - Chemical aspects of rice allelopathy for weed control.

58- Mattice, J. D., Dilday, R. H., Gbur, E. E. y Skulman, B. W. (2001). Barnayardgrass growth inhibition with rice usinf high-performance liquid chromathography to identify rice accession activity. Agron. J. 93: 8-11. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 25/4/08

59- Mayea, S. et. Al (1982): Introducción a la microbiología del suelo. La Habana. Pueblo y educación. Pág. -197.

60- Moldehauer., K; Dilday., R; Gealy.,D; Mattice., J; Yan., W. (1998). Developing rice (*Oryza sativa* L.) varieties with allelopathic traits. III International Congress allelopathy in ecological agriculture and forestry. August 18-21. India.

61- MOLISCH, H. (1937). Der Einfluss eine Pflanze auf die andere: Allelopathie. Gustav Fischer, Jena. pp. 106. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 20/5/08

62- Moody, K. (1991). *Weed management in rice*. En: Handbook of Pest Management in Agriculture 2nd edition. Pimental, D. ed. CRC Press, Boca Ratón, Florida, Estados Unidos de América. pp. 301-328. Disponible en:

<http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 3/5/08

63- Nagabushana G .G; Worshan A.D; Yenish J.B (2001). Allelopathic cover crops to reduce herbicide in sustainable agriculture systems. *Allelopathy Journal*. 8(2):133-134

64- Narwal S S; Tauro P (1994). Allelopathic problems in Indian Agriculture and Prospects of Research. *In Allelopathy in Agriculture and Forestry*. Eds: S S Narwal and P Tauro pp 37-57

- 65- Narwal, S. (1994). *Allelopathy in crop production*. Editor copy CCs Haryana Agricultural University Hisar – 125004, India.
- 66- Navarez, D. y Olofsdotter, M. (1996.) Relay seeding procedure as screening method in allelopathy research. Proc. 2nd Int. Weed Control Conf. 4: 285-290. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>
Consultado: 3/5/08
- 67- Norrington –Davies, J. 1994. Allelopathy. Department of agricultural Botany. University Collage of Walles. 1-26p.
- 68- Norrington-Davies, J. 1994. Allelopathy. Department of Agricultural Botany. University College of Walles. 1-26pp.
- 69- Olofsdotter, M. (2001.) Rice -a step toward use of allelopathy. *Agron. J.* 93:8. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>
Consultado: 3/5/08
- 70- Olofsdotter, M., Navarez, D., Rebulanan, M. y Streibig, J. C. (1999). Weed suppressing rice cultivars - does allelopathy play a role? *Weed Res.* 39: 441-454.
- 71- Olofsdotter, M. (2002.) Allelopathy for weed control. Disponible en: <http://www.agsci.kul.dk/weedsci/teaching/lectures/ukrudt/allelo98>. Consultado: 1/5/08
- 72- Ortega Y., Agüero R. (2005). Efecto de la cobertura de rastrojos en la germinación del arroz (*Oryza sativa* L.) y principales malezas asociadas. Revista: *Agronomía Mesoamericana*. Volumen 16(1).

73- Pandya, S. y Pingali, P. I. (1996). Economic aspects of weed management. En: Auld, B. A. and Kim, K. U. eds. *Weed management in rice*. FAO. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 5/4/08

74- Pandya S M (1994). Role of Allelopathy in crop-weed interactions: priority and prospects. *Allelopathy and Forestry*. Pp 63-67. Scientific Publishers, Jodhpur, India. Eds: Narwal S S, and P Tauro.

75- Pazmiño, A. (1999). Alelopáticas Plantas. *Fisiología Vegetal*. Universidad de Chile, Escuela de Agronomía. Disponible en <http://www.webcolombia.com/alelopatia>

Consultado: 17/06/2008

76- Plantas alelopáticas. 2001. Disponible en:

<http://www.webcolombia.com/alelopatia>. Consultado: 15/5/08

77- Puente, Mayra. (1998) Efectos alelopáticos del girasol (*Helianthus annuus L*) sobre cultivos económicos y malezas. Tesis de Maestría en Agricultura Sostenible. Universidad Central de Las Villas. Cuba.

78- Puente, Mayra y Méndez Rebeca (1995). Estudios preliminares de los efectos alelopáticos del Sorgo, Girasol y Maíz sobre las malezas asociadas a las mismas.

79- Puerto, M. G. (2002). Efecto Alelopático del boniato (*Ipomea batata (L.) Lam*), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Trabajo de Diploma. UCLV. 60hh.

- 80- Purvis, C.E. (1990). Differential responses of wheat to retained crop stubbles: I. Effect of stubble type and degree of decomposition. *Aust. J. Agric. Res.* 41:225-242.
- 81- Putnam, A. R.; Duke, W. B. (1978). Allelopathy in Agroecosystems, *ann. Rev. Phytopathol.* 16: 431-451.
- 82- Quiñones, R. (2006). *Adiestramiento de Estadísticas Matemáticas y Diseño de Experimentos*. Universidad Central de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- 83- Rice, E. L. (1984). *Allelopathy*. Second Edition. Academic Press.
- 84- Rice, E. L. (1984). *Allelopathy*. Academic Press. Orlando, Florida. U.S.A. 424pp.
- 85- Rimando, A. M., Dayan, F. E., Czarnota, M. A., Weston, L. A. y Duke, S. O. (1998). A new photosystem. II. Electron transfer inhibitor from *Sorghum bicolor*, *J. Nat. Prod.* 61: 927-930. Disponible en:
<http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>
Consultado: 5/4/08
- 86- Sampietro D A. (2001): Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Disponible en:
<http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>
Consultado: 8/4/08
- 87- Sampietro D, A., Sgariglia, J.R., Soberon J.R., Vattuone M.A. (2005) Effects of sugarcane straw allelochemicals on growth and physiology of crops and weeds. Disponible en: <http://pwp.etb.net.co/futuroverde/alelopatia.htm>. Consultado: 14/3/08

- 88- Sampietro D.A. (2002). Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Disponible en: <http://fac.unne.edu.ar/biologia/alelopatia/alelopatia.htm/>. Consultado: 23/5/08
- 89- Silva Paola. (2003) Alelopatía de los rastrojos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Chile.
- 90- Sobrero, M. T.; Ochoa, M.C. and Charla, S. 2004. Allelopathic potencial of *Wedelia glauca*: Effects on horticultural species. *Planta Daminha* vol. 22, No 1: 71-75.
- 91- Torres, S. Hernández, A. Puente, I. De Cupere, F. Van Damme, P. (2005). Efecto del Orozuz (*Phyla strigulosa* (Mart. & Gal.) Mold.) sobre la germinación y crecimiento de cultivos .Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- 92- Valverde, B. E., Riches, C. R. y Caseley, J. C. (2000.) *Prevention and management of herbicide resistant weeds in rice..*, Cartago, Costa Rica. pp. 25-30. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm> Consultado: 8/5/08
- 93- Whittaker, R.H. (1971). The chemistry of communities. In: Biochemical interations among plants. Washington, Nature Academic Science. 108 p.
- 94- Wu, H., Pratley, H., Lemerle, D. y Haig, T. (1999). Crop cultivars with allelopathic capability. *Weed Res.* 39: 171-180. Disponible en: <http://www2.uah.es/bartolomesabater/docencia/FISVEGETAL/capitulo30.htm>

Consultado: 3/5/08

95- Xiong J., Lin W.X., Zhou J J., Wu M.H., Chen X X., He H O., Guo Y C. ,Ling Y (2005). Allelopathy and resources competition of rice under different nitrogen supplies. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 16: 885-889.

Anexo1. Reactivos utilizados para la preparación de los medios de cultivos

Bacterias		Hongos		Hongos Celulolíticos	
Glicerina	10g/L	Glucosa	10g/L	Sulfato de amonio	1,5g/L
Peptona bacteriológica	2,5g/L	Nitrato de sodio	1g/L	Fosfato dipotásico	1g/L
Fosfato de potasio dibásico	1g/L	Fosfato dipotásico	1g/L	Sulfato de magnesio	0,5g/L
Carbonato de calcio	0,04g/L	Agar	20g/L	Cloruro de sodio	0,05g/L
Cloruro de sodio	3g/L			Carbonato de calcio	5g/L
Sulfato de magnesio	0,25g/L			Sulfato de zinc	tazas
Sulfato de hierro	0,01g/L			Agar	20g/L
Agar	25g/L				

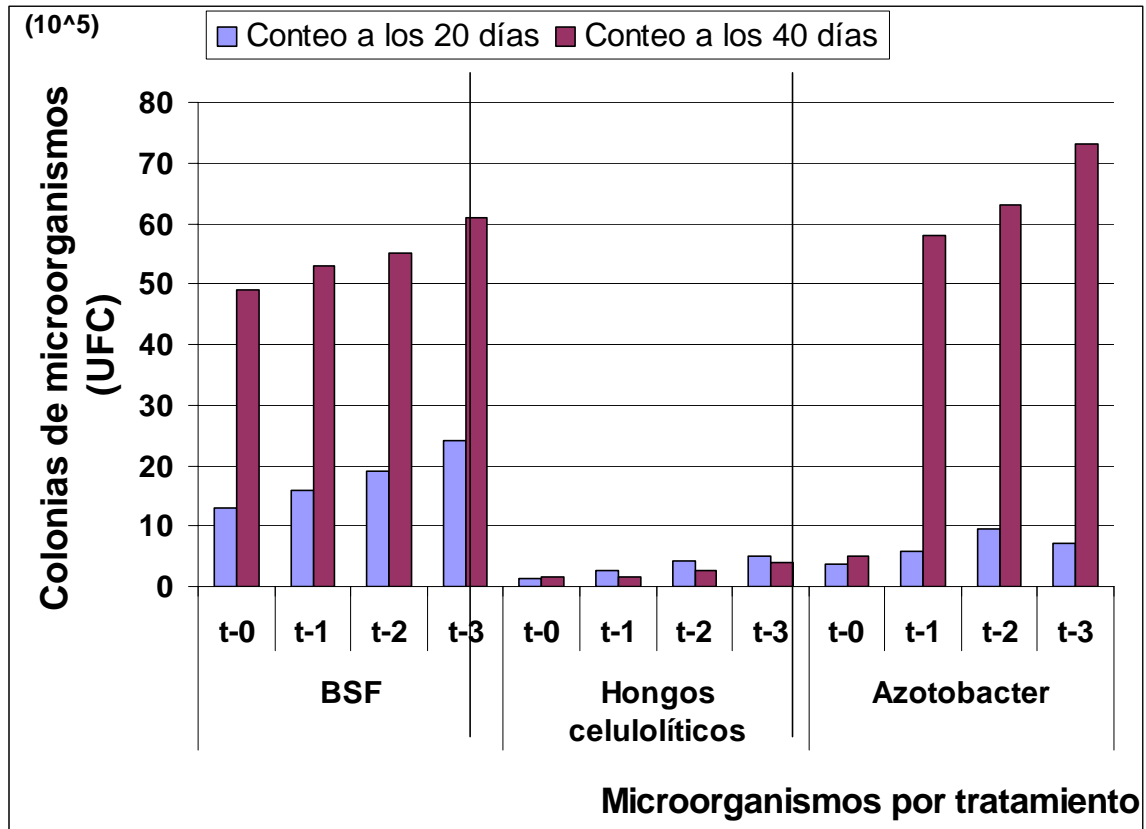
Anexo 1 (final)

Actinomicetos		Azotobacter		Bacterias solubilizadoras de fósforo	
Sulfato de amonio	2g/L	Fosfato de potasio monobásico	0,2g/L	Glucosa	10g/L
Fosfato dipotásico	1g/L	Sulfato de magnesio	0,2g/L	Fosfato de calcio	5g/L
Sulfato de magnesio	1g/L	Sulfato de amonio	0,1g/L	Cloruro de potasio	0,2g/L
Cloruro de sodio	1g/L	Manitol	10g/L	Sulfato de magnesio	0,1g/L
Carbonato de calcio	3g/L	Cloruro de sodio	0,2g/L	Extracto de levadura	0,5g/L
Almidón soluble	3g/L	Sulfato de calcio	0,1g/L	Sulfato de magnesio	tazas
Agar	20g/L	Carbonato de calcio	5g/L		

Anexo 2 Dinámica de las colonias de microorganismos antes de aplico los resto de cosecha de arroz

microorganismos	Conteo inicial antes de aplicarse los restos
Hongos	3.7 E ⁵
Bacterias	1.2 E ⁷
Actinomiceto	9.1 E ⁴
BSF	9.7 E ⁵
Azotobacter	3.4 E ⁵
Hongos Celulolíticos	2.7 E ⁵

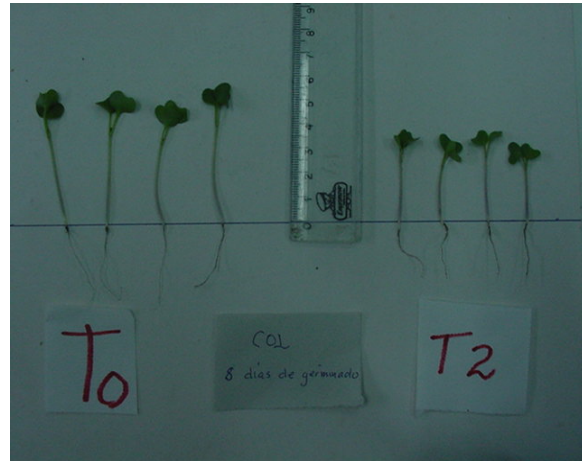
Anexo 3 (Fig. 14). Dinámica de las colonias de microorganismos, a los 20, y 40 días de aplicados los tratamientos en el suelo estudiado.



Anexo 4 Fotos donde se muestran los resultados obtenidos mediante efectos alelopáticos de restos de cosechas de arroz sobre la germinación y desarrollo de malezas (monocotiledóneas y dicotiledóneas).



Anexo 5 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el cultivo de la Col en condiciones semicontroladas (Bandejas de poliestireno)



Anexo 6 Efecto alelopático de los restos de cosecha de arroz sobre el cultivo del Tomate en condiciones semicontroladas (Bandejas de poliestireno)

