

**EFFECTOS DEL BIOSÓLIDO MUNICIPAL COMPOSTADO
COMO MEDIO DE CULTIVO ALTERNO A LA TURBA
UTILIZADO EN LA PRODUCCIÓN DE PASCUAS
(*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch)**

Por

Lilliam I. Cardona Méndez

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Horticultura

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
MAYAGÜEZ, PUERTO RICO
2008

Aprobado por:

Lydia I. Rivera Vargas, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Lizzette González-Gill, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

María del Carmen Librán Salas, Ph.D.
Presidenta, Comité Graduado

Fecha

Myrna Z. Alameda Lozada, M.S.
Representante de Escuela Graduada

Fecha

Guillermo J. Fornaris Rullán, M.S.
Director del Departamento

Fecha

ABSTRACT

Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex. Klotzsch) is one of the most important crops in the ornamental industry of Puerto Rico. The objectives of this research were: to evaluate growth responses of poinsettia plants grown in different proportions of MSWC (Municipal Solid Waste Compost) with Pro-Mix[®], under a closed production system (Ebb- flow type), as well as a conventional open production system, and to identify microorganisms (fungi and bacteria) of the MSWC. The proportions used in the experiments were 0:100, 15:85, 25:75 and 50:50 of MSWC with Pro-Mix[®] for the conventional system and 0:100, 25:75 and 50:50 of MSWC with Pro-Mix[®] for the enclosed system. Growth parameters evaluated were: initial and final plant height, fresh and dry weight and flower production. Substrate dilutions were done from samples containing proportions of 0:100, 15:85, 25:75 and 50:50 of (MSWC:Pro-Mix[®]) to identify the microorganisms. Results showed better flower development and higher yield (fresh and dry weight) on plants grown in different proportions of MSWC under a conventional open system. However, poinsettias cultivated in the closed system (Ebb–flow type), had poor growth and unacceptable quality for market purposes. *Aspergillus* spp., *Verticillium* spp. and *Penicillium* spp were the most common fungal genera identified, whereas *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Pasteurella* spp. and *Staphylococcus* spp. were the most common bacteria identified. These results suggest that an emended substrate with proportions of MSWC is an alternative to produce poinsettia plants with an acceptable quality.

Resumen

La pascua (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex. Klotzsch) es uno de los cultivos más importantes en la industria de las ornamentales en Puerto Rico. Los objetivos de esta investigación fueron evaluar la respuesta de crecimiento en las plantas de pascuas cultivadas en las diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado (BMC) con Pro-Mix[®], bajo un sistema cerrado de producción (tipo ebb-flow) así como en un sistema producción convencional abierto e identificar los microorganismos (hongos y bacterias) del BMC. Las proporciones utilizadas en el experimento fueron 0:100, 15:85, 25:75, y 50:50 de BMC con Pro-Mix[®] para el sistema convencional y 0:100, 25:75, y 50:50 de BMC con Pro-Mix[®] para el sistema cerrado. Los parámetros de crecimiento evaluados en este estudio fueron la altura inicial y final, peso fresco y seco de la planta y producción de flores. Para identificar los microorganismos (hongos y bacterias) asociados en el sustrato, se prepararon diluciones en serie de las muestras compuestas de las proporciones 0:100, 15:85, 25:75, y 50:50 de BMC con Pro-Mix[®]. Los resultados mostraron un mejor desarrollo de flores y un rendimiento mayor (peso fresco y seco) en las plantas cultivadas en las diferentes proporciones de BMC bajo un sistema de producción convencional abierto. Sin embargo, las pascuas cultivadas en el sistema cerrado (tipo Ebb-flow) tuvieron crecimiento pobre y una calidad inaceptable para propósito de mercadeo. *Aspergillus spp.*, *Verticillium spp.* y *Penicillium spp.* fueron los géneros de hongo más frecuentemente identificados mientras que *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Pasteurella spp.* y *Staphylococcus spp.* fueron los géneros de bacteria más frecuentemente identificadas. Estos resultados sugieren que un sustrato de cultivo enmendado con proporciones de BMC es una alternativa para producir pascuas con una calidad aceptable.

Derechos de autor reservados por Lilliam Ivette Cardona Méndez, 2008.

A Dios, a la Virgen María y a mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Jesús Cristo y a la Virgen María por darme las fuerzas necesarias para terminar la tesis. A mis padres, Antonio Cardona Pérez y María E. Méndez Noriega. A mis queridos primos, Eva Luz, July, Evelyn, Mary, Juni, José y mi hermana María por darme el aliento de seguir hacia adelante cuando a veces no veía la luz al final del túnel. Al agrónomo William Lozada por haberme brindado su ayuda incondicional y destrezas en la instalación del sistema cerrado utilizado. A Diomedes y Madeline Plaza porque fueron un rayo de luz en mi investigación de campo. A mis compañeros Sara Ramos y José A. Rivera por brindarme su ayuda incondicional. A la Prof. Myrna Alameda por dedicarme parte de su tiempo, equipo y ayuda para realizar los estudios de laboratorio, gracias por compartir conmigo parte de sus conocimientos. A la Dra. Lydia Rivera por brindarme su apoyo, conocimientos y por aceptar ser parte de mi comité. A la Dra. Lizzette González por brindarme su apoyo, conocimientos y darme aliento para concluir esta meta. A la Dra. María del Carmen Librán por aceptar ser mi guía en la formación de la tesis. Además por brindarme parte de las herramientas necesarias para realizar esta importante meta. A mis compañeros de estudio durante el transcurso de los años de maestría, gracias por lo aprendido de ustedes y les deseo éxito en sus vidas.

Tabla de Contenido

ABSTRACT	ii
RESUMEN	iii
AGRADECIMIENTO	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
 1. INTRODUCCIÓN	 1
1.1 Revisión de literatura	
1.1.1 <i>Euphorbia pulcherrima</i>	4
1.1.2 Sistema Cerrado de Producción tipo Ebb and flow	6
1.1.3 Sustratos: Turba y Biosólido Municipal Compostado	7
1.1.4 Microorganismo en el BMC	9
1.2 Literatura citada	11
 2. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN PASCUAS (<i>Euphorbia pulcherrima</i>) CULTIVADAS EN MEZCLAS DE BIOSÓLIDO MUNICIPAL COMPOSTADO COMO SUSTRATO ALTERNO A LA TURBA	
2.1 Resumen	18
2.2 Introducción	19
2.3 Materiales y Métodos	20
2.4 Resultados y Discusión	
2.4.1 Altura	23
2.4.2 Peso fresco y seco	25
2.4.3 Flores desarrolladas	28
2.5 Conclusiones	31
2.6 Literatura citada	33
 3. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE PASCUAS (<i>Euphorbia pulcherrima</i>) CULTIVADAS EN SUSTRATOS CON BIOSÓLIDO MUNICIPAL COMPOSTADO EN UN SISTEMA CERRADO (EBB-FLOW)	
3.1 Resumen	35
3.2 Introducción	36
3.3 Materiales y Métodos	38
3.4 Resultados y Discusión	
3.4.1 Altura	42
3.4.2 Peso fresco y seco	44
3.4.3 Flores desarrolladas	48
3.5 Conclusiones	50
3.6 Literatura citada	52

4. IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS EXISTENTES EN EL BIOSÓLIDO MUNICIPAL COMPOSTADO		
4.1	Resumen	54
4.2	Introducción	55
4.3	Materiales y Métodos	57
4.4	Resultados y Discusión	60
4.5	Conclusiones	69
4.6	Literatura citada	70
5. CONCLUSIONES		74
6. RECOMENDACIONES		75

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Páginas
Figura 2.1 Arreglo de bancos de pascuas (<i>Euphorbia pulcherrima</i>) cultivadas en el vivero comercial Ornamentales de Adjuntas en Adjuntas, Puerto Rico.	21
Figura 2.2 Altura final de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.	24
Figura 2.3 Promedio del peso fresco de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.	26
Figura 2.4 Promedio del peso seco de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.	27
Figura 2.5 Número de flores desarrolladas de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.	29
Figura 2.6 Plantas de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.	30
Figura 2.7 Plantas de pascua cv. Freedom Early Red a los 127 días después de la siembra en el vivero comercial Ornamentales de Adjuntas en Adjuntas, Puerto Rico.	32
Figura 3.1 Arreglo de bloques completamente aleatorizados del sistema cerrado de producción tipo Ebb-flow.	39
Figura 3.2 Altura final de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix® en el sistema Ebb-flow.	43
Figura 3.3 Promedio del peso fresco de pasuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix® en el sistema Ebb-flow.	45

Figura 3.4 Plantas de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en tratamientos con diferentes proporciones de Biosólidos Municipal Compostado:Pro-Mix® (73 días después de la siembra) en el sistema Ebb-flow.	46
Figura 3.5. Promedio del peso seco de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix® en el sistema Ebb-flow.	47
Figura 3.6 Número de flores desarrolladas de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix® en el sistema Ebb-flow.	49
Figura 3.7 Pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en el sistema producción Ebb-flow (73 días después de la siembra).	51
Figura 4.1 <i>Aspergillus</i> spp. aislados de los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.	63
Figura 4.2 <i>Penicillium</i> spp. aislados de los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.	64
Figura 4.3 <i>Verticillium</i> spp. aislados de los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.	65

LISTA DE TABLAS

Tablas	Páginas
Tabla 4.1 Hongos identificados de los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix [®] .	61
Tabla 4.2 Bacterias identificadas en los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix [®] .	67

1 INTRODUCCIÓN

Desde 1970 se ha observado un crecimiento continuo en la empresa de las ornamentales en Puerto Rico. La producción de plantas ornamentales aportó \$ 58.5 millones al ingreso bruto agrícola (IBA) de Puerto Rico para el año 2006-2007 (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2008). La producción de pascuas (*Euphorbia pulcherrima*) aportó \$3.5 millones, produciéndose alrededor de un millón de plantas, ocupando así el primer lugar en ventas de plantas en tiestos.

Mundialmente, la *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch, comúnmente se conoce como: pascua, poinsettia, flor de navidad y flor de nochebuena. De acuerdo a los productores de pascuas, los cultivares más producidos en Puerto Rico son “Freedom”, “Subjibi”, “Winter Rose”, siendo “Freedom” el más cultivado.

A nivel mundial, la turba o “peat moss” es el sustrato de cultivo más utilizado en la producción de ornamentales en tiestos por poseer características, tanto físicas como químicas, ideales para su buen desarrollo (Nelson, 2003). Este es un material orgánico que se extrae de yacimientos pantanosos en Canadá, Nueva Zelandia, Alemania, Irlanda, África y Estados Unidos (Hartmann et al., 2002). El costo de la turba ha ido en aumento, mientras que su disponibilidad está disminuyendo (Nelson, 2003; Flynn et al., 1995). La alta demanda del producto para el cultivo de ornamentales está causando un impacto ambiental en los lugares de donde se extrae y el aumento en el costo del producto es notable (Gouin y Walker, 1977; Raviv et al., 1986; Abad et al., 1997; Abad et al., 2001). Esto motiva a evaluar otras

alternativas a la turba para el cultivo de las pascuas y otras ornamentales de importancia económica en la isla.

En Puerto Rico, se han evaluado compostas a base de gallinaza y de biosólido municipal compostado (BMC) (Rivera, 2004; Sotomayor–Ramírez et al., 2000). Rivera (2004) evaluó el crecimiento de plantas playeras (*Catharanthus roseus*) en sustratos con diferentes proporciones de BMC y reportó que las plantas tuvieron un crecimiento similar al obtenido en el medio a base de turba al ser cultivadas en 25% BMC y 50% BMC (Rivera, 2004). Sotomayor-Ramírez et al., (2000) encontraron que plántulas de tomate cultivadas en tiestos aumentaron el vigor y la biomasa según aumentó la aplicación de BMC, debido a la presencia adecuada de humedad y niveles de N, P y K. El BMC, a diferencia de otras compostas, se ha comercializado y estandarizado facilitando su accesibilidad y uso. El BMC se compone de residuos de madera y jardinería, así como de lodos sanitarios generados en la planta de tratamiento de aguas usadas de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados en Arecibo (Autoridad de Desperdicios Sólidos, 2004). El BMC utilizado se obtuvo de la compañía Caribbean Composting de Arecibo. Actualmente, el BMC se está utilizando como enmienda al suelo en cultivos agronómicos y en mezclas de sustrato sin suelo para el cultivo de plantas ornamentales. El uso del BMC ofrece ventajas al productor, entre ellas, la disponibilidad en Puerto Rico, el bajo costo del producto, además de que propicia un buen desarrollo de microorganismos beneficiosos, reduciendo así el impacto ambiental (Rivera, 2004; Vázquez, 2004).

Varios estudios han reportado que el uso del sistema de producción cerrado conocido como “Ebb and Flow”, es viable para producir pascuas de calidad (Argo y Biernbaum, 1995; Dole et al., 1994; Morvant et al., 1998). Este sistema de producción de plantas ayuda a reducir la contaminación de los cuerpos de agua, suelos y ambiente (Nelson, 2003). Una fuente de contaminación derivada de prácticas agrícolas es la producción de plantas en viveros donde la aplicación de fertilizantes es continua y la lixiviación de los nutrientes puede llegar a los cuerpos de agua (Ku y Hershey, 1991). El sistema cerrado ofrece excelentes perspectivas en términos de limitar la pérdida de agua y de nutrientes (Siddiqi et al., 1998; Vas Os, 1999; Avidan, 2000).

Es por lo antes expuesto que los objetivos del estudio fueron: evaluar las respuestas de crecimiento de las pascuas cultivadas en diferentes mezclas de biosólido municipal compostado y Pro-Mix[®] en un sistema cerrado (Ebb-Flow) y en un sistema de producción convencional (bancos abiertos). Además, se propuso identificar los microorganismos asociados al BMC.

1.1 REVISIÓN DE LITERATURA

1.1.1 *Euphorbia pulcherrima*

El género *Euphorbia* perteneciente a la familia Euphorbiaceae, contiene alrededor de 1,600 a 2,000 especies. Las especies se caracterizan por poseer una inflorescencia con una sola flor femenina, sin pétalos y generalmente sin sépalos, rodeada por flores masculinas individuales. Todo este conjunto está encerrado en una estructura en forma de copa llamadas ciatio (Ecke III et al., 2004).

Las pascuas (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex. Klotzsch) son plantas ornamentales nativas de Méjico. Poseen hojas modificadas, conocidas como brácteas, de colores llamativos que van desde rojo intenso a blanco; su flor poco llamativa es de color amarillo. La planta en su hábitat natural puede crecer hasta 15 pies de altura siendo clasificada como un árbol. La pascua es una planta fotoperiódica que responde a la longitud del día y la noche. El tiempo crítico del largo de oscuridad para la pascua ha sido estimado aproximadamente en 11 horas y 40 minutos, mientras que el largo del día debe ser menor de 12 horas y 20 minutos para que así se inicie el proceso de florecida. Para el año 1825, la pascua fue introducida por primera vez a Estados Unidos por Joel Robert Poinsett (Ecke III et al., 2004). Durante la década de 1920, algunos cultivares fueron escogidos para flor de corte y producción en tiesto.

La planta es clasificada comercialmente como de porte pequeño, compacto, con entrenudos cortos y hojas de color verde intenso. Es un cultivo que requiere un sustrato con características básicas, como buena capacidad de retención de

humedad y nutrientes, buen drenaje y aireación, buen soporte a las plantas, y un pH entre 5.5 y 6.5 (Ecke III et al., 2004; Nelson, 2003).

La florecida en el cultivar Freedom Early Red ocurre aproximadamente en siete semanas y medias desde el transplante. La planta es de tamaño mediano, su follaje es de un verde intenso y sus brácteas color rojo intenso. El cultivar es sensitivo a la falta de agua, cambios de luz y cambios en temperatura lo que puede causar quemazón en las hojas. El pH del sustrato a utilizar para el cultivar debe fluctuar entre 5.5 a 6.5 y la conductividad eléctrica debe ser entre 1.5 a 2.0 mmhos/cm (Ecke III et al., 2004).

Para la producción comercial de la pascua se utilizan esquejes enraizados con tamaños fluctuando entre 2 a 2.5 pulgadas (5 a 6 cm). Éstos se siembran en diferentes envases: canastas, tiestos de 5 pulgadas (12 cm) y 6 pulgadas (15 cm), de acuerdo al productor. Al momento de la siembra se le aplica riego al sustrato para ayudar a mantener las raíces húmedas y permitir un fácil desarrollo de éstas. Durante las primeras semanas después del transplante, se recomienda aplicar fungicida para prevenir enfermedades en las raíces. Se fertiliza con formulaciones que tenga poco o ningún fósforo para un mejor resultado en la producción vegetativa de la planta (ej. 20-10-20; 15-5-15; 14-0-14) a 200 a 250 ppm de nitrógeno.

Una de las prácticas recomendadas en la producción de pascuas es la poda (remoción del ápice) en diferentes fechas durante el proceso de producirlas. La primera poda o pinche se realizar a partir del décimo día después del transplante. El intervalo y número de podas dependerá del número deseado de brotes en el

tallo, del desarrollo de raíces y el comienzo de días cortos (iniciación de florecida). A la semana luego de la última poda se procede a aplicar el regulador de crecimiento seleccionado por el productor. Esta aplicación es determinada por el productor y regularmente se realiza cuando la planta está cerca de obtener la altura deseada. En el cultivar Freedom Early Red esta práctica se realiza durante la tercera a cuarta semana de septiembre (Ecke III et al. 2004). El inicio de la florecida en Puerto Rico es durante la primera semana de octubre, se desea que las plantas estén listas para la venta durante las primeras dos semanas de noviembre.

1.1.2 SISTEMA CERRADO DE PRODUCCIÓN TIPO “EBB – FLOW”

Los productores de pascuas han sustituido el sistema convencional de bancos abiertos de producción, por el sistema cerrado tipo Ebb-Flow. El sistema de subirrigación ha sido utilizado exitosamente en la producción de ornamentales tales como geranios, *Pelargonium hortorum* (Morvant et al., 1997), miramelindas New Guinea *Impatiens*, *Spathiphyllum* (Kent y Reed, 1996; Todd y Reed, 1998) y pascuas (Dole et al., 1994). En los últimos años, ha ganado importancia para la producción en tiestos en viveros, debido a que le ofrece ventajas al productor, tales como: reducción de trabajo y mano de obra, uniformidad en los cultivos, alta productividad (Uva et al., 1998) y el mismo puede ser automatizado (Reed, 1996). Las plantas producidas en sistemas cerrados utilizan menos fertilizantes y agua que los otros sistemas (Nelson, 2003). Los sistemas cerrados de producción, tal como el Ebb – Flow, ofrecen una alternativa para reducir la contaminación de suelo y

agua. Al reciclar los lixiviados de la producción de plantas en envases, se reduce la contaminación ambiental al igual que se reduce el uso de fertilizantes, agua y los costos de producción (Dole et al., 1994; Voogt y Sonneveld, 1997; Cox, 2001).

1.1.3 SUSTRATOS: TURBA y BIOSÓLIDO MUNICIPAL COMPOSTADO

La turba o “peatmoss” es de peso liviano, tiene un pH entre 3.5 a 5 y una conductividad eléctrica baja (0.2 dS/m) (Vázquez, 2004). Esta provee materia orgánica a las plantas y contiene cerca de 1% nitrógeno, no así fósforo y potasio (Hartmann, 2002). Además la turba tiene una alta capacidad de retención de agua (Miller, 1998). Estas son algunas de las características que hacen que los productores de ornamentales la seleccionen como sustrato para sus cultivos.

Debido a que la turba es un recurso no renovable, el daño ambiental a causa de su extracción excesiva y su alto precio en el mercado, favorece la búsqueda y utilización de otros sustratos como alternativa (Abad et al., 2001). El uso de sustratos ricos en materia orgánica, no tan solo pueden eliminar el impacto ambiental, sino reducir la cantidad de fertilizantes, la frecuencia de riego y el costo en la producción (Wilson et al., 2001). Varios estudios han demostrado que los residuos orgánicos compostados correctamente, pueden ser utilizados como sustratos alternos a la turba (Conover y Joiner, 1966; Verdonck, 1984 y 1988; Raviv et al., 1986; Chen et al., 1988; Bugbee y Frink, 1989; Pinamonti et al., 1997; Bugbee, 2002; García-Gómez et al., 2002; Guerrero et al., 2002; Rivera, 2004; Vázquez, 2004).

Las compostas con diferentes fuentes de materia prima como corteza de pino, lodos de agua residuales, desechos de sorgo, desechos de jardinería, vermicomposta y biosólidos municipales han sido utilizadas exitosamente en la producción de plantas ornamentales (López-Real et al., 1989; Nappi y Barberis, 1993; Sánchez-Monedero et al., 1997; Eklind et al., 1998; Atiyeh et al., 2001). Las pascuas han sido cultivadas exitosamente en sustratos a base de residuos de algodón compostado (Papafotiou et al., 2001; Wang y Blessington, 1990). También, se han encontrado óptimos resultados al evaluar parámetros de crecimiento en plantas de *Impatiens* cultivadas en composta de algodón (Klock, 1998). El peso seco, tamaño y altura de las plantas aumentaron proporcionalmente al aumentar el porcentaje de composta en el sustrato de cultivo (Klock, 1998). Pinamonti et al. (1997) demostraron una buena producción de plantas ornamentales utilizando una proporción de 50% de composta a base de lodos de aguas tratadas y corteza de árboles. Sanderson y Martin (1974), observaron un crecimiento superior en varias plantas leñosas cultivadas en tiestos con mezclas de turba y proporciones de desperdicios y lodos municipales compostados. Se ha reportado que el crecimiento de la planta Marigold (*Tagetes spp.*) fue mejorado cuando la turba fue reemplazada por el biosólido municipal compostado (Bugbee y Frink, 1989). Varias plantas ornamentales tales como pascuas, crisantemos y lirios presentaron un crecimiento satisfactorio en medios con un contenido de 33% a 50% por volumen de biosólido municipal compostado (Shanks y Gouin, 1984). Ribeiro et al. (2000) reportaron, que 10 y 20% de BMC mezclado con turba promovieron el crecimiento de las plantas de geranios sembradas en tiestos.

Uno de los beneficios del BMC a las plantas ornamentales es que provee nutrientes que éstas pueden utilizar (Falahi-Ardakani et al., 1987; Fitzpatrick et al., 1998; Hikclenton et al., 2001). El BMC posee valores de pH neutral o ligeramente alcalino, tiene alta retención de humedad y alto contenido de sales. El BMC le aporta a las plantas los nutrimentos esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) para su desarrollo (Vázquez, 2004). Las propiedades físicas y químicas del BMC dependen de la naturaleza de la composta. El BMC suplió cantidades adecuadas de nitrógeno, potasio y fósforo a plantas de maíz en tiestos (Terman et al., 1973). Con la utilización del BMC se puede reducir tanto la cantidad como la frecuencia de aplicación de fertilizantes, reportándose beneficios ambientales y económicos (Ingelmo et al., 1998). Otra ventaja es que el BMC puede aumentar el nivel de la actividad microbiana y suprimir patógenos del suelo (Atkinson et al., 1996).

1.1.4 MICROORGANISMOS ASOCIADOS AL BMC

Durante el proceso de compostación se reducen los microorganismos fitopatógenos (Sterrett et al., 1983; Fitzpartrick et al., 1998; Erhart et al., 1999; Hoitink y Boehm, 1999; Cotxarrera et al., 2002). Se han suprimido varios patógenos del suelo utilizando corteza de árbol compostado (Chef et al. 1982; Daft et al. 1979). Los hongos de suelos tales como: *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* y los oomicetos *Pythium* spp. y *Phytophthora* spp., causantes de enfermedades en plantas, son ejemplos de patógenos que la composta controla efectivamente (Diab

et al., 2003; Schönfeld et al., 2003; Alabouvette et al., 2004; Mazzola, 2004). La composta de mezcla de desechos ha sido utilizada para suprimir a *Pythium*, causante del sanccho (“damping-off”) y pudriciones del tallo y la raíz en pepinillos *Cucumis sativus* (Bouhot, 1981).

Una proporción de 10 % de BMC, en siembras de gandules, pimientos, lechugas, algodón, habichuelas y rábano reduce las lesiones en las raíces causadas por *Aphanomyces euteiches*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia minor* (Millner et al. 1982.) La incidencia de enfermedades fue significativamente mayor en plantas cultivadas en sustratos donde no se añadió el biosólido municipal compostado (Lumsden et al.1982; Millner et al. 1982).

1.2 LITERATURA CITADA

- Abad, M., P Noguera y S. Burés. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology*. 77:197-200.
- Abad, M., P. Noguera, V. Noguera, A. Roig, J. Cegarra y C. Paredes. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. *Actas Horticultura* 19:92-109.
- Alabouvette, C., D. Backhouse, C. Steinberg, N.J. Donovan, V. Edel-Hermann. y L.W. Burgess. 2004. Microbial diversity in soil – effects on crop health. In: Schjonning, P., Emholt, S., Christensen, B.T. (Eds.), *Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 121–138.
- Argo, W.A. y J.A. Biernbaum. 1995. The effect of irrigation method, water-soluble fertilization, preplant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and root growth of poinsettia. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 120:163-169.
- Atiyeh, R.M., C.A. Edwards, S. Subler y S.T. Mcgregor. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*. 78:11-20.
- Atkinson, C.F, D.D. Jones y J.J. Gauthier. 1996. Biodegradabilities and microbial activities during composting of oxidation ditch sludge. *Compost Science and Utilization*. 4(3):84.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. 2004. Planta de Composta de Arecibo. Área de Operaciones e Ingeniería. Folleto Informativo.
- Avidan, A. 2000. The use of substrate in Israel. In: *Proceedings of the World Congres on Soilless Cultura on Agricultura in the Comino Millenium*, 14-18 May, 2000. Ma' ale Hachamisha, Israel. P.17 (Abstract)
- Bouhot, D. 1981. Induction d'une resistance biologique aux *Pythium* dans les sols par l'apport d'une matiere organique. *Soil Biology and Biochemistry*. 13:269-274.
- Bugbee, J.G. 2002. Growth of ornamentals plants in container media atended with biosolids compost. *Compost Science and Utilization*. 10:92-98.

- Bugbbe, G.J. y C.R. Frink. 1989. Composted waste as a peat substitute in peat-lite media. *HortScience*. 24(4): 625-627.
- Chef, D. G., H. A. J. Hoitink y L. V. Madden. 1982. Effects of organic components in container media on suppression of *Fusarium* wilt of chrysanthemum and flax. *Phytopathology*. 73:279-281.
- Chen, Y., Y. Inbar y Y. Hadar. 1988. Composted agricultural wastes as potting media for ornamental plants. *Soil Science*. 154:298-303.
- Conover, C.A. y J.N. Joiner. 1966. Garbage compost as a potencial soil component in production of *Chrysanthemum morifolium* 'Yellow Delaware' and 'Oregon'. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 424-429.
- Cotxarrera, L., M.I. Trillas-Gay, C. Steinberg y C. Alabouvette. 2002. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. *Soil Biology and Biochemistry* 34:467–476.
- Cox, D. A. 2001. Growth, nutrient content and growth medium electrical conductivity of poinsettia irrigated by subirrigation or from overhead. *Journal. Plant Nutrition*. 24:523-533.
- Daft, G. C., H. A. Poole y H. A. J. Hoitink. 1979. Composted hardwood bark: A substitute for steam sterilization and fungicide drenches for control of Poinsettia crown and root rot. *HortScience*. 14:185-187.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. 2008. Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas de Puerto Rico. Santurce, Puerto Rico. 2006/2007.
- Diab, H.G., S. Hu y D.M. Benson. 2003. Suppression of *Rhizoctonia solani* on impatiens by enhanced microbial activity in composted swine waste amended potting mixes. *Phytopathology*. 93:1115–1123.
- Dole, J.M., J.C. Cole y S.L. Von Broembsen. 1994. Growth of poinsettias, nutrient leaching, and water-use efficiency respond to irrigation methods. *HortScience*. 29:858-864.
- Erhart, E., K. Burian., W. Hartl. y K. Stich. 1999. Suppression of *Pythium ultimum* by biowaste composts in relation to compost microbial biomass, activity and content of phenolic compounds. *Journal of Phytopathology*. 147:299–305.
- Ecke III, P., J.E. Faust, J. Williams y A. Higgins. 2004. The Ecke Poinsettia Manual. Ball Publishing, Batavia, Illinois, pp 276.

- Eklind, Y., L. Salomonsson, M. Wivstad y B. Ramert. 1998. Use of herbage compost as horticultural substrate and source of plant nutrients. *Biological Agriculture and Horticulture*. 16:269-290.
- Falahi-Ardakani, A., J.C. Bouwkamp, F.R. Gounin y R.L Chaney. 1987. Growth response and mineral uptake to vegetable transplants grown in a composted sewage sludge amended medium. Part I. Nutrient supplying power of the medium as measured by tissue analysis. *Journal of Environmental Horticulture*. 5(3):107-112.
- Fitzpatrick, G. E., E. R. Duke y K. A. Klock-Moore. 1998. Use of compost products for ornamental crop production: research and grower experiences. *HortScience*. 33(6):941-944.
- Flynn, R.P., C.W. Wood y E.A. Guertal. 1995. Lettuce response to composted broiler litter as potting substrate component. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 100(3):213-216.
- García-Gómez, A., M.P. Bernal y A. Roig. 2002. Growth of ornamental plants in two compost prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource Technology*. 83:81-87.
- Gouin, F.R. y J.M. Walker. 1977. Tree seedling response to nursery soil amended with composted sewage sludge. *HortScience*. 12:45-47.
- Guerrero, F., J.M. Gasco y L. Hernández-Apaolaza. 2002. Use of pine bark and sewage sludge compost as components of substrates for *Pinus pinea* and *Cupressus arizonica* production. *Journal of Plant Nutrition*. 25:129-141.
- Hartmann, H. T., D. E. Kester, F. T. Davies Jr. y R. L. Geneve. 2002. *Plant Propagation Principles and Practices*. Seventh Edition. Prentice Hall, New Jersey 07458. pp. 849.
- Hicklenton, P.R., V. Rood y P.R. Warman. 2001. The effectiveness and consistency of source-separated municipal solid waste and bark composts as components of container growing media. *Scientia Horticulturae*. 91:365-378.
- Hoitink, A.J. y M.J. Boehm. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. *Annual Review. Phytopathology*. 37:427-446.
- Ingelmo, F., R. Canet, M.A. Ibañez, F. Pomares y J. García. 1998. Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. *Bioresource Technology*. 63:123-129.

- Kent, M.W. y D.W. Reed. 1996. Nitrogen nutrition of New Guinea impatiens 'Barbados' and *Spathiphyllum* 'Petite' in a subirrigation system. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 121(5):816-819.
- Klock, K. A. 1998. Influence to urban waste compost media and paclobutrazol drenches on impatiens growth. *HortScience*. 33 (2):277-278.
- Ku, C.S.M. y D.R. Hershey. 1991. Leachate electrical conductivity and growth of potted poinsettia with leaching fractions of 0 to 0.4. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116(5):802-806.
- López-Real, J.M, E. Witter, F.N. Midmer y B.A.O. Hewett. 1989. Evaluation of composted sewage/straw mixture for horticultural utilization. *Water Science and Technology*. 21:889-897.
- Lumsden, R.D., J.A. Lewis y P.D. Millner. 1982. Composted sludge as a soil amendment for control of soilborne plant disease. In Kerr, H.W., Jr. and L. Knutson, eds., *Research for small farms, Spec. Symp. Proc. U.S. Dept. Agr. Misc. Pub. 1422*, pag. 275-277.
- Mazzola, M. 2004. Assessment and management of soil microbial community structure for disease suppression. *Annual Review of Phytopathology*. 42:35-59.
- Miller, R.W. 1998. *Soils in Our Environment*. Eight edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458. pp. 78-351.
- Millner, P.D., R.D. Lumsden y J.A. Lewis. 1982. Controlling plant disease with sludge compost. *BioCycle*. 23:50-52.
- Morvant, J.K., J.M. Dole y E. Allen. 1997. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen and pH in the root medium. *HortTechnology*. 7(2):156-160.
- Morvant, J.K., J.M. Dole y J.C. Cole. 1998. Irrigation frequency and system affect poinsettia growth, water use and runoff. *HortScience*. 33:42-46.
- Nappi, P. y R. Barberis. 1993. Compost as growing medium: chemical, physical and biological aspects. *Actas Horticultura*. 342:249-256.
- Nelson, P. V. 2003. *Greenhouse Operation and Management* 6th ed. Department of Horticultural Science North Carolina State University Prentice Hall, New Jersey 07458. pp 197-198.

- Papafotiou, M., V. Asimakopoulou, P. Kouvari, I. Kovaeou, M. Phsyhalou, I. Lytra y G. Kargas. 2001. Cotton gin trash compost and rice hulls as growing medium components for ornamentals. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 76 (4):431-435.
- Pinamonti, F., G. Stringari y G. Zorzi. 1997. Use of compost in soilless cultivation. *Compost Science and Utilization*. 5:38-46.
- Raviv, M., Y. Chen y Y. Inbar. 1986. Peat and peat substitutes as growth media for container grown plants. In: Chen, Y., Avnimenlech, Y. (Eds.). *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture*. Martinus Nijhoff, Dordrecht, pp. 257-287.
- Reed, D.W. 1996. Closed produciton systems for containerized crops. In: Reed, D.W. (Ed.), *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*. Ball Publishing Inc., Batavia, IL. pp. 221-245.
- Ribeiro, H. M., E. Vasconcelos y J. Q. dos Santos. 2000. Fertilisation of potted geranium with municipal solid waste compost. *Bioresource Technology*. 73:247-249.
- Rivera, D. 2004. Crecimiento de cultivares de *Catharanthus roseus* y *Anthurium andreanum* en biosólido municipal compostado como sustrato alternativo a la turba. MS Tesis, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. pp. 63.
- Sánchez-Monedero, M.A., M.P. Bernal, P. Noguera, M. Abad, A. Roig y J. Cegarra. 1997. Utilización de compost como sustratos para semilleros de plantas hortícolas en cepellón. In: *Actas I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación*, Murcia, pp. 48-468.
- Sanderson, K. C. y W. C. Martin, Jr. 1974. Performance of woody ornamentals in municipal compost media under nine fertilizer regimes. *HortScience*. 9:242-243.
- Shanks, J.B. y F.R. Gouin. 1984. Suitability of composted raw sewage sludge as a component of the root medium for several containerized ornamental species grown in the greenhouse. *BioCycle*. 25(1):42-45.
- Schönfeld, J., A. Gelsomino, L.S. Van Overbeek, A. Gorissen, K. Smalla y J.D. Van Elsas. 2003. Effect of compost addition and simulated solarisation on the fate of *Ralstonia solanacearum* biovar 2 and indigenous bacteria in soil. *FEMS Microbiology Ecology*. 43: 63–74.

- Siddiqi, M.Y., H.J. Kronzucker, D.T. Britto y A.D.M. Glass. 1998. Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication. *Journal Plant Nutrition*. 21:1879-1895.
- Sotomayor-Ramírez, D., E. V. Román-Paoli y L. E. Rivera. 2000. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) response to biosolid yard-waste compost. *Caribbean Food Crops Society*. 36(7):81-86.
- Sterrett, S. B., C. W. Reynolds, F. D. Schales, R. L. Chaney y L. W. Douglass. 1983. Transplant Quality, Yield, and Heavy-Metal Accumulation of Tomato, Muskmelon, and Cabbage Grown in Media Containing Sewage Sludge Compost. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 108 (1):36-41.
- Terman, G. L., J. M. Soileau y S. E. Allen. 1973. Municipal waste compost: effects on crop yields and nutrient content in greenhouse pot experiments. *Journal of Environmental Quality*. 2:84-88.
- Todd, N.M. y D.W. Reed. 1998. Characterizing salinity limits of New Guinea impatiens in recirculating subirrigation. *Journal of the American Society Horticultural Science*. 123:156-160.
- Uva, W.L., T.C. Weiler y R.A. Milligan. 1998. A survey on the planning and adoption of zero runoff subirrigation systems in greenhouse operations. *HortScience*. 33:193-196.
- Vas Os, E.A. 1999. Closed soilless growing systems. a sustainable solution for Dutch greenhouse horticulture. *Water Science Technology*. 39:105-112.
- Vázquez, J.C. 2004. Absorción y lixiviación de nitrógeno y fósforo en sustrato a base de biosólido municipal compostado. MS Tesis, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. pp. 80.
- Verdonck, O. 1984. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. *Actas Horticultura*. 150:467-473.
- Verdonck, O. 1988. Compost from organic waste materials as substitutes for the usual horticultural substrates. *Biological Wastes*. 26:325-330.
- Voogt, W. y C. Sonneveld. 1997. Nutrient management in closed growing system for greenhouse production. In: Goto, E., Kurata, K., Hayashi, M., Sase, S. (Eds.), *Plant Production in Closed Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 83-102.

- Wang, Y.T. y T.M. Blessington. 1990. Growth and interior performance of poinsettia in media containing composted cotton burrs. HortScience. 25 (4):407-408.
- Wilson, S.B., P.J. Stoffella y D.A. Graetz. 2001. Compost-amended media for growth and development of Mexican heather. Compost Science and Utilization. 9:60-64.

2. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN PASCUAS (*Euphorbia pulcherrima*) CULTIVADAS EN MEZCLAS DE BIOSÓLIDO MUNICIPAL COMPOSTADO COMO SUSTRATO ALTERNO A LA TURBA

Lilliam I. Cardona Méndez¹, María Del Carmen Librán², Lizzette González-Gill² y Lydia I. Rivera Vargas³

¹Estudiante Graduada, ²Catedráticas, Departamentos de Horticultura y ³Protección de Cultivo, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.

2.1 RESUMEN

La industria de los ornamentales ocupa un lugar importante en la economía agrícola del país. El sustrato de cultivo para ornamentales más utilizado es a base de turba. Se requieren alternativas a la turba debido a los altos costos, su disponibilidad limitada y alta demanda. Siendo la pascua el cultivo producido en tiesto de mayor venta en Puerto Rico, es necesaria la evaluación de sustratos de cultivos alternos a la turba. Estudios anteriores han demostrado que el biosólido municipal compostado (BMC) puede ser utilizado como sustrato en la producción de plantas ornamentales. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta de crecimiento de la pascua “Freedom Early Red” cultivada en sustratos con proporciones 0:100, 15:85, 25:75, y 50:50 % de BMC y Pro-Mix®. La investigación se realizó en un vivero comercial de producción de pascuas en Adjuntas, Puerto Rico. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y 15 repeticiones. Los parámetros de crecimiento evaluados en el experimento fueron la altura inicial y final, número de brácteas, y peso fresco y seco vegetativo y de raíces. Los resultados demostraron que hubo diferencia significativa entre el control (0:100) y los demás tratamientos en los parámetros evaluados, siendo el control el de menor rendimiento. No hubo diferencia significativa entre los tratamientos 15:85 y 25:75 en el peso fresco y seco (g) al compararlos con el 50:50. Las plantas en los tratamientos que contenían BMC obtuvieron mayor número de flores desarrolladas al compararlos con el control. Basado en estos resultados recomendamos el uso de BMC en todas las proporciones evaluadas como sustrato de cultivo.

Palabras claves: pascuas, turba, biosólido municipal compostado

2.2 INTRODUCCIÓN

Actualmente la turba o “peat moss” es el componente principal del sustrato de cultivo para plantas ornamentales en envases a nivel mundial (Reiley y Shry, 2002). La turba es un componente orgánico, sacado de reservas naturales pantanosas y húmedas. Para reducir el consumo de la turba, se están utilizando formulaciones de compostas como sustrato para plantas ornamentales en tiestos y en el propagador (Gouin, 1993; Ingelmo et al., 1998; Abad et al., 2001; Fitzpatrick, 2001; Guerrero et al., 2002; Raviv, 1998 y 2005; Raviv et al., 2002). La compostación de grandes cantidades de biosólido municipal que se generan puede convertirse en materia prima para ser usada como fertilizantes, enmiendas orgánicas y sustratos para cultivos (Herrera et al., 2007).

Castillo et al. (2004) propusieron el uso del biosólido municipal compostado (BMC) en lugar de la turba como sustrato para el transplante de plantas de tomate. Pinamonti et al. (1997), reportaron una buena producción de plantas ornamentales en sustratos que contenían 50% de BMC y composta de árbol. Un estudio realizado por Ribeiro et al. (2000) evaluó el uso de BMC como fertilizantes para geranios (*Pelargonium hortorum*), observando que el BMC promovió el crecimiento de las plantas.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar las respuestas de crecimiento de las pascuas “Freedom Early Red” cultivadas en diferentes proporciones de BMC y Pro-Mix®.

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el vivero comercial (Ornamentales de Adjuntas) propiedad de Diomedes y Madeline Plaza localizado en el Bo. Guilarte de Adjuntas, Puerto Rico. El vivero se encuentra localizado a una altitud de 489.51 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio durante los meses del estudio fue de 16.6° C (62° F) mínima y 24.4° C (85° F) máxima. La investigación se llevó a cabo durante los meses de julio a noviembre de 2006, con una duración de 127 días.

Se sembraron tres esquejes enraizados de pascuas cv. Freedom Early Red en canastas con mezclas de diferentes proporciones, preparados por volumen, de BMC y Pro-Mix® 'BX' Biofungicida – Subtilex® (Pro-Mix®). El BMC utilizado se obtuvo de la compañía Caribbean Composting de Arecibo, Puerto Rico. El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado (Figura 2.1). Se evaluaron cuatro tratamientos y 15 repeticiones por tratamientos. Cada tratamiento tenía tres plantas, para un total de 45 plantas por tratamiento respectivamente y un total de 180 plantas. Los tratamientos evaluados fueron diferentes proporciones de BMC y Promix: (T1) 0:100, (T2) 15:85, (T3) 25:75 y (T4) 50:50.

Las plantas se fertilizaron semanalmente utilizando un abono de marca Peters® con formulaciones alternadas de 20-10-20 y 15-5-15 +Ca, Mg, a una concentración de 200 ppm de N. A la sexta semana y media (46 días) luego del transplante se realizó una poda para remover el ápice de la planta y utilizarlo como material vegetativo en el vivero. A la cuarta semana (28 días) luego de la poda se aplicó el



Figura 2.1 Arreglo de bancos de pascuas (*Euphorbia pulcherrima*) cultivadas en el vivero comercial Ornamentales de Adjuntas en Adjuntas, Puerto Rico.

inhibidor de crecimiento conocido como Bonzi® (ingrediente activo Paclobutrazol) siguiendo las recomendaciones del fabricante, con el propósito de mantener los entrenudos cortos. Para erradicar la mosca blanca (*Bemisia argentifolii*) se aplicó Marathon® 1% (ingrediente activo Imidacloprid) siguiendo las recomendaciones de la etiqueta.

Los parámetros de crecimiento evaluados incluyeron la altura inicial al momento de la siembra y la altura final a los 127 días después de la siembra. Los datos de altura fueron tomados en centímetros desde la base del tallo hasta el ápice superior de la planta. Los datos de peso fresco (g) de las plantas (completas) se tomaron al momento de la cosecha. Las plantas fueron lavadas para remover el sustrato de las raíces y luego pesadas en una balanza de precisión. Los datos de peso seco (g) se obtuvieron a las 72 horas luego de secar las plantas en un horno a 21.1° C. La producción de flores desarrolladas (conjunto de brácteas alrededor de la inflorescencia) fue evaluada y las flores fueron contadas.

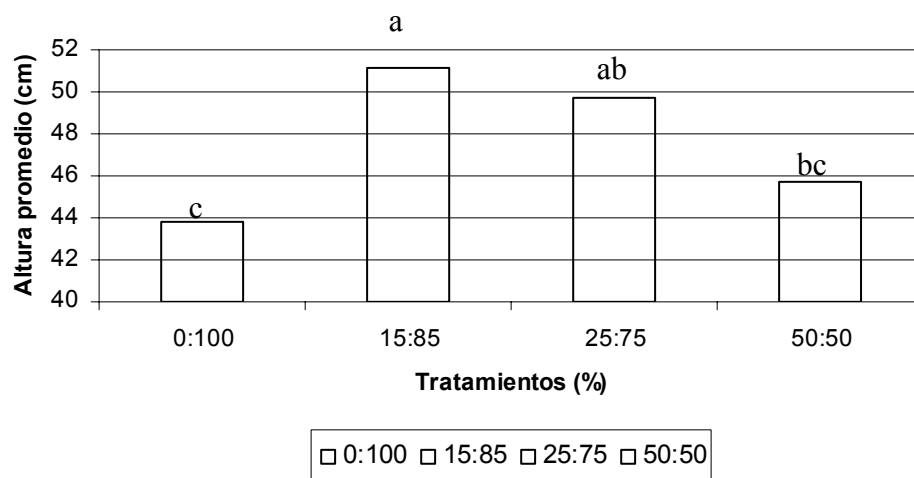
Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bajo el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System, 2006) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, basado en un nivel significativo de $\alpha \leq 0.05$.

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.4.1 ALTURA

La altura inicial de las plantas sembradas en las canastas fluctuó entre 9 a 10 cm. Los tratamientos que contenían las diferentes proporciones de BMC resultaron con una altura mayor al compararlos con el control (0:100) (Figura 2.2). El análisis de varianza demostró que hubo diferencia significativa entre los tratamientos. Los tratamientos que mostraron mayor altura fueron aquellos que contenían proporciones del BMC:Pro-Mix[®] 15:85 y 25:75. No se observó diferencia significativa entre ambos al compararlos con los tratamientos de 50:50 y 0:100 (control).

Los resultados de altura confirman lo reportado por varios estudios anteriores, demostrando así que el BMC utilizado como sustrato, es beneficioso para el cultivo exitoso de la pascua. Esto concuerda con lo reportado por Ribeiro et al., (2000) en que plantas de geranios crecidas en proporciones de sustrato que contenían de 10 a 20% de BMC mostraron mayor altura. Un estudio realizado por Ostos et al., (2007) utilizando BMC reportó un efecto positivo en la altura de plantas de lentisco, *Pistacia lentiscus* L. En esta investigación se observó que las plantas cultivadas en los tratamientos conteniendo BMC presentaron una altura promedio aceptable para ser mercadeadas.



Letras iguales indican que no hay diferencia significativa $\alpha=0.05$
 Promedio de 45 plantas por tratamiento

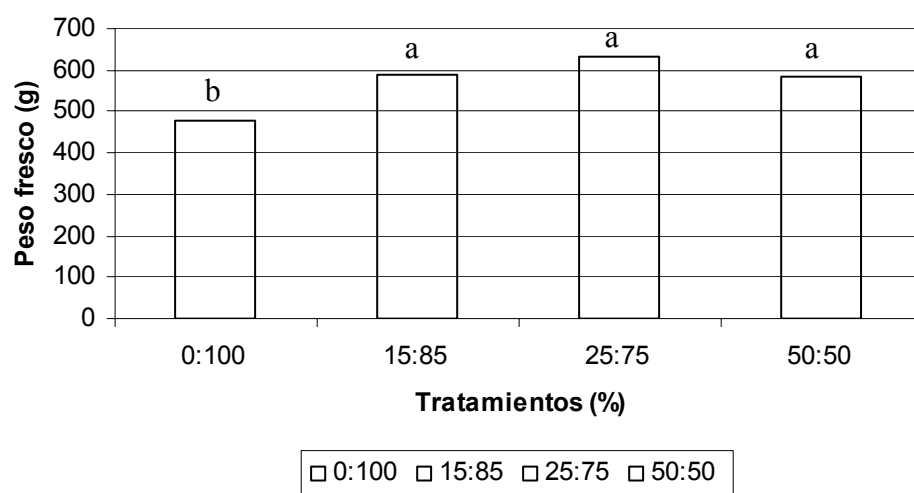
Figura 2.2 Altura final de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado: Pro-Mix®.

2.4.2 PESO FRESCO Y PESO SECO

Al final del estudio (127 días) se cosecharon las plantas y se tomó el peso fresco de la planta (sección aérea y raíces). Las plantas con mayor peso fresco promedio fueron las cultivadas en el tratamiento 25:75 (BMC:Pro-Mix®). Según el análisis estadístico utilizado no hubo diferencia significativa entre los tratamientos conteniendo diferentes proporciones de biosólido municipal compostado (25:75, 15:85 y 50:50) al compararlos con el control (0:100), siendo las plantas del grupo control de peso promedio menor (Figura 2.3).

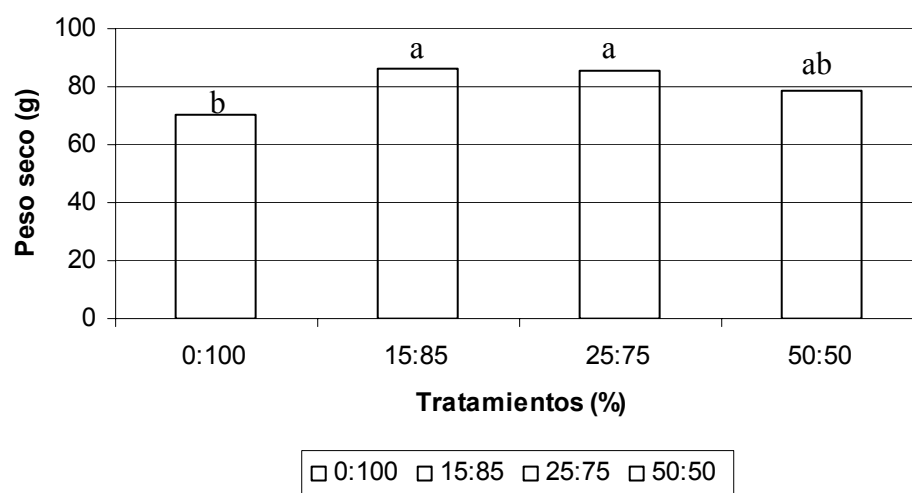
El peso seco de las plantas cultivadas en los tratamientos conteniendo diferentes proporciones de BMC fue similar y no se observó una diferencia significativa entre ellas (Figura 2.4). Según el análisis de varianza hubo diferencia significativa en el peso seco de las plantas control y las plantas de los tratamientos conteniendo diferentes proporciones de BMC (15:85 y 25:75). Se observó una leve diferencia en peso seco en las plantas cultivadas en el tratamiento 50:50 al ser comparadas con los otros tratamientos.

Se observó un buen desarrollo y crecimiento en las plantas de pascua (sección aérea y raíces) cultivadas en todos los tratamientos y mostraron buena calidad mercadeable en el momento de la cosecha. Los resultados demuestran que según se aumenta la proporción de BMC en el medio, se observa una leve disminución en el peso de la planta. Un estudio realizado por Klock (1998) demostró un aumento en el peso aéreo de las miramelindas (*Impatiens* sp.) según se aumentaba la proporción de composta en el sustrato.



Letras iguales indican que no hay diferencia significativa $\alpha=0.05$
Promedio de 45 plantas por tratamiento

Figura 2.3 Promedio del peso fresco de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.



Letras iguales indican que no hay diferencia significativa $\alpha=0.05$
Promedio de 45 plantas por tratamiento

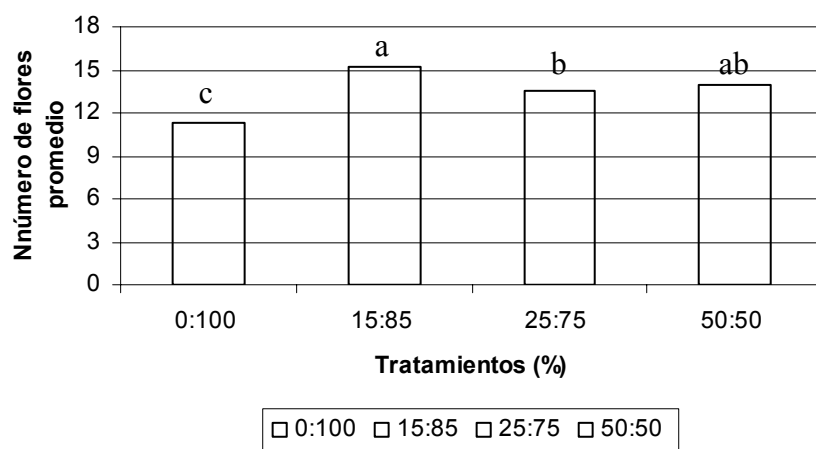
Figura 2.4 Promedio del peso seco de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.

Según Ostos et al., (2007) las plantas que contenían sustrato a base de biosólido municipal compostado obtuvieron el peso más alto. Esta investigación confirma los resultados obtenidos por Ostos et al., (2007) donde plantas cultivadas en los tratamientos conteniendo BMC fueron las de mayor peso al compararlo con el control.

2.4.3 FLORES DESARROLLADAS

Los resultados relacionados a la producción de flores indican una diferencia significativa entre los tratamientos con BMC y el control (0:100 %) (Figura 2.5). Se observó una diferencia significativa en la producción de flores en los tratamientos 15:85 y 25:75. Las plantas del tratamiento 15:85 mostraron un mayor número de flores. Las brácteas de las plantas cultivadas en proporciones de BMC mostraron un color más intenso y de mayor tamaño (Figura 2.6). Las plantas en el tratamiento 0:100 (control) produjeron menor cantidad de flores, aunque la calidad fue similar a los otros tratamientos.

No se observó efecto negativo en las brácteas de las plantas con los tratamientos que contenían BMC. El tratamiento 0:100 fue el que obtuvo la menor producción de flores y brácteas más pequeñas.



Letras iguales indican que no hay diferencia significativa $\alpha=0.05$
 Promedio de 45 plantas por tratamiento

Figura 2.5 Número de flores desarrolladas de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.



Figura 2.6 Plantas de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.

2.5 CONCLUSIÓN

Los resultados del estudio demostraron que el uso BMC puede ser una alternativa adecuada para el cultivo de la pascuas en canastas, con efectos superiores al Pro-Mix® (Figura 2.6 y 2.7). El desarrollo y calidad de las plantas muestran parámetros de excelencia comercial. Los tratamientos 15:85 y 25:75 resultaron en plantas con follaje y brácteas con colores más intensos al compararlos con los demás tratamientos. Las plantas en los tratamientos mencionados mostraron tener mayor densidad e intensidad en el follaje (observación visual). Ambos tratamientos se pueden recomendar en la producción comercial de pascuas en envase. Por otro lado, el tratamiento conteniendo 50:50 (BMC:Pro-Mix®) aumentó el peso de las canastas. Esta característica no es favorable y limitaría el uso del BMC para plantas en canastas.

Luego de analizar los resultados concluimos, que el sustrato óptimo para la producción de pascuas en canastas es aquel que contiene una proporción de 25% de BMC (25:75). Este sustrato asegura la producción de pascuas de excelente calidad. Esta proporción brinda un peso razonable al envase, lo que facilita el manejo del cultivo y además reduce el uso del Pro-Mix® y por ende el costo de producción.



Figura 2.7 Plantas de pascua cv. Freedom Early Red a los 127 días después de la siembra en el vivero comercial Ornamentales de Adjuntas en Adjuntas, Puerto Rico.

2.6 LITERATURA CITADA

- Abad, M., P. Noguera y S. Burés. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology*. 77:197-200.
- Castillo, J.E., F. Herrera, R.J. López-Bellido, F.J. López-Bellido, L. López-Bellido y E.J. Fernández. 2004. Municipal solid waste (MSW) compost as a tomato transplant medium. *Compost Science and Utilization*. 12(1):86-92.
- Fitzpatrick, G.E. 2001. Compost utilization in ornamental and nursery crop production systems. In: Stoffella, P.J., Kahn, B.A. (Eds.), *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*. Lewis Publishers, New York, pp. 135-150.
- Gouin, F.R. 1993. Utilization of sewage sludge compost in horticulture. *HortTechnology*. 3:161-163.
- Guerrero, F., A. Polo, and L. Hernández-Apaolaza. 2002. Use of pine bark and sewage sludge compost as components of substrates for *Pinus pinea* and *Cupressus arizonica* production. *Journal of Plant Nutrition*. 25(1):129-141.
- Herrera, F., J.E. Castillo, A.F. Chica y L. López Bellido. 2007. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. *Bioresource Technology*. doi: 10.1016/j.biortech.2006.12.042
- Ingelmo, F., R. Canet, M.A. Ibañez, F. Pomares y J. García. 1998. Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. *Bioresource Technology*. 63:123-129.
- Klock, K. A. 1998. Influence to urban waste compost media and paclobutrazol drenches on impatiens growth. *HortScience*. 33(2):277-278
- Ostos J. C., R. López-Garrido, J.M. Murillo y R. López. 2007. Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. *Bioresource Technology*. doi:10.1016/j.biortech.2007.03.033
- Pinamonti, F., G. Stringari y G. Zorzi. 1997. Use of compost in soilless cultivation. *Compost Science and Utilization*. 5:38-46.
- Raviv, M. 1998. Horticultural uses of composted material. *Actas Horticultura*. 469:225-234.

- Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: a mini-review. *HortTechnology*. 15:52-57.
- Raviv, M., R. Wallach, A. Silber y A. Bar-Tal. 2002. Substrates and their analysis. In: Savvas, Passam, H. (Eds.), *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Plubl., Athens, pp. 25-101.
- Reiley, H. E. y C. L. Jr. Shry. 2002. *Introductory Horticulture*. Sixth Edition. Delmar Publishers, Albany, New York. pp. 564.
- Ribeiro, H. M., E. Vasconcelos y J. Q. dos Santos. 2000. Fertilisation of potted geranium with municipal solid waste compost. *Bioresource Technology*. 73:247-249.

3. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE PASCUAS (*Euphorbia pulcherrima*) CULTIVADAS EN SUSTRATOS CON BIOSÓLIDO MUNICIPAL COMPOSTADO EN UN SISTEMA CERRADO (EBB - FLOW)

Lilliam I. Cardona Méndez¹, María Del Carmen Librán², Lizzette González-Gill² y Lydia I. Rivera Vargas³

¹Estudiante Graduada, ²Catedráticas, Departamentos de Horticultura y ³Protección de Cultivo, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.

3.1 RESUMEN

Ebb-flow es un sistema de producción de plantas cerrado conocido como Ebb - flow este es una alternativa para reducir el uso de los recursos de agua y fertilizantes, y a su vez reducir la contaminación ambiental. Este sistema cerrado ha sido utilizado con éxito en la producción de plantas ornamentales. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta de crecimiento de la pascua "Freedom Early Red" cultivada en proporciones 0:100 (T1), 25:75 (T2) y 50:50 (T3) de BMC con Pro-Mix[®] en un sistema cerrado tipo Ebb-flow. La investigación se realizó en un vivero localizado en la Finca Alzamora en Mayagüez. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizado con tres tratamientos colocados en un arreglo de 9 bloques y replicados dos veces. Los parámetros de crecimientos evaluados en este estudio fueron la altura inicial y final de las plantas, producción de flores, y peso fresco y seco de las plantas. Los resultados mostraron que hubo diferencia significativa entre el tratamiento control (0:100) al compararlo con los demás tratamientos, siendo éste de mayor rendimiento. No hubo diferencia significativa entre los tratamientos uno y dos en la producción de flores. El desarrollo y calidad de las plantas en este sistema de producción no fue comercialmente aceptable. Basado en estos resultados, no recomendamos el uso de BMC en las proporciones evaluadas como sustrato de cultivo en el sistema cerrado Ebb-flow utilizado en este estudio.

Palabra claves: pascuas, biosólido municipal compostado, Ebb-flow

3.2 INTRODUCCIÓN

El sistema de producción cerrado conocido como Ebb-flow es una alternativa para reducir el uso de los recursos de agua y fertilizantes y a su vez reducir la contaminación ambiental. El Ebb-flow es básicamente un sistema de subirrigación para plantas en tiestos cultivadas en bandejas o bancos; las plantas son irrigadas por capilaridad a través de los orificios en el fondo del tiesto (Nelson, 2003). El funcionamiento del sistema se basa en el reciclaje continuo del agua y de la solución nutritiva. La solución nutritiva dependerá de los requisitos nutricionales de la planta a cultivar. Algunas de las ventajas relacionadas con el sistema de subirrigación son la uniformidad en los cultivos, y se reduce el riego, la cantidad de fertilizante y la mano de obra. Una desventaja del sistema es el alto costo en la fase inicial, aunque de acuerdo a algunos productores el sistema brinda beneficios económicos una vez es utilizado correctamente (Nelson, 2003). Otra desventaja es que facilita la diseminación de enfermedades entre las plantas. La incidencia de enfermedades aumenta cuando se carece de un buen programa de saneamiento en las bandejas y bancos. Además, este sistema genera alta humedad relativa en el ambiente del banco cerrado o bandeja donde crecen las plantas (Nelson, 2003).

El sistema de irrigación tipo Ebb-flow ha sido utilizado con éxito en la producción de plantas ornamentales (Kent y Reed, 1996; Morvant et al., 1997; Todd y Reed, 1998; Dole et al., 1994). El Ebb-flow es viable para producir pascuas de calidad sin que ocurra lixiviado de los fertilizantes aplicados (Dole et al., 1994; Argo y Biernbaum, 1995; Morvant et al., 1998).

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la respuesta de crecimiento de las pascuas “Freedom Early Red” cultivadas en diferentes proporciones de BMC y Pro-Mix[®], en un sistema de irrigación tipo “Ebb and flow”.

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un vivero de la Finca Alzamora del Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez. El vivero se encuentra localizado a una altitud de 15 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio durante los meses del estudio fue de 20.1° C mínima y 32.7° C máxima. El tiempo de duración del estudio fue de 73 días, desde el transplante de la planta hasta la cosecha.

Se obtuvieron esquejes enraizados de pascuas cv. Freedom Early Red del vivero comercial Ornamentales de Adjuntas en Adjuntas, P. R. Se sembraron dos esquejes enraizados fueron sembrados en tiestos tipo “standard” de 6 pulgadas (15 cm). El sustrato utilizado consistió de mezclas con diferentes proporciones de biosólido municipal compostado (BMC) y Pro-Mix® 'BX' Biofungicida – Subtilex® (Pro-Mix®). Los tiestos de 6 pulgadas (15 cm) se ubicaron dentro de bandejas plásticas transparentes con dimensiones 44.2 cm largo x 35.8 cm ancho x 11.8 cm profundidad. El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente aleatorizados (Figura 3.1). Tres tratamientos fueron colocados en un arreglo de 9 bloques y replicados dos veces. Cada bandeja representaba un tratamiento en cada bloque y ésta contenía dos tiestos, cada uno con dos plantas sembradas, para un total de 36 plantas por tratamiento y 108 plantas en total. Los tratamientos de BMC:Pro-Mix® evaluados fueron: 0:100 (T1) 25:75 (T2), y 50:50 (T3).



Figura 3.1 Arreglo de bloques completamente aleatorizados del sistema cerrado de producción tipo Ebb-flow.

Cada tratamiento tenía un tanque de 55 galones con bomba sumergible (Versa Gold Series™, Model: G210 AG20; 115 v 60 Hz 0.5a, Serial no. 082005) que contenía la solución nutritiva 20-10-20 marca Peters® para ser suplida a las plantas por subirrigación. Se utilizó una bomba de succión para remover la solución sobrante dentro de las bandejas. Las bandejas fueron conectadas entre sí a través de mangas y tubos PVC ¾ pulgadas (7.62 cm) que sirvieron para reciclar el flujo continuo del sistema. La frecuencia y el tiempo de riego fueron controlados de manera semi-automatizado utilizando dos relojes para regular la entrada de la solución. Las plantas recibían la solución nutritiva cada tres días, ésta se mantenía en cada bandeja por 25 minutos, luego se abría el sistema y se drenaba la bandeja. Las plantas recibieron riego sólo con agua en intervalos de treinta días. Para la preparación de la solución nutritiva (20-10-20) a una concentración de 200 ppm de N (Ecke III, et al., 2004), se le añadió a cada tanque 173.85 (g) del fertilizante marca Peters® con formulación 20-10-20. La solución se renovaba cada tres semanas. La solución nutritiva fue mantenida en un pH 6.0 a 6.5 y una conductividad eléctrica 1.5 a 2 $mmho^{cm^{-1}}$ durante la investigación.

Durante el desarrollo y crecimiento de las plantas se realizaron varias prácticas culturales. Al momento de la siembra se realizó una poda, donde se le removió el ápice, con el propósito de promover brotes laterales y además se le aplicó el fertilizante encapsulado Osmocote® 14-14-14 a razón de una cucharada a cada tiesto. Por dos ocasiones las plantas recibieron abono foliar que consistió de una solución con una concentración de 200 ppm de N, de un abono marca comercial Peters® con fórmula 15-5-15 +Ca, Mg.

Se contaron todas las flores desarrolladas (conjunto de brácteas alrededor de la inflorescencia) y se evaluó el efecto en la calidad de acuerdo a la forma de producción. La altura fue tomada al momento de la siembra y al finalizar, a los 73 días después de la siembra. La altura se midió desde la base del tallo hasta el ápice más alto de la planta. El sustrato fue removido de las raíces de las plantas y luego se tomaron los datos de peso fresco (g) de la planta completa, utilizando una balanza de precisión. Para obtener los datos del peso seco (g), las plantas fueron colocadas por 48 horas en un horno (Precision[®]) a una temperatura de 21.1° C.

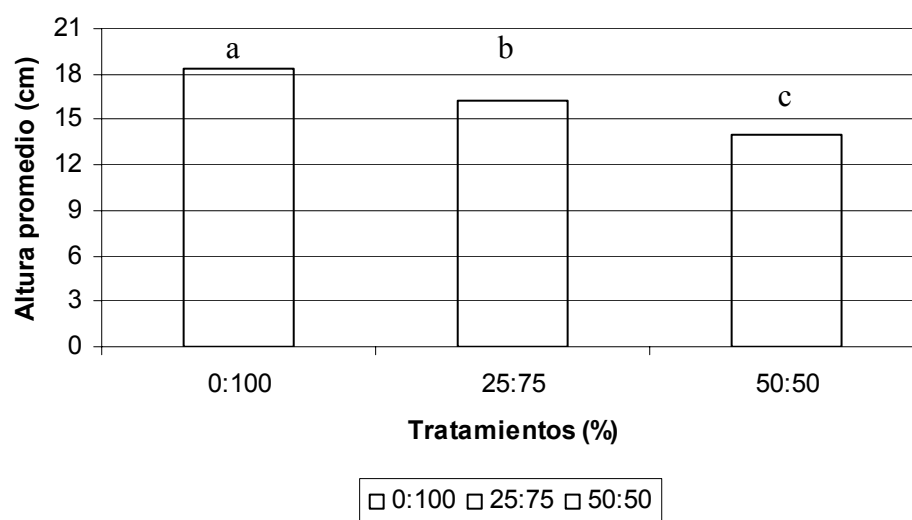
Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bajo el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System, 2006) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, basado en un nivel significativo de $\alpha \leq 0.05$.

3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1 ALTURA

La altura inicial de las plantas sembradas en los tiestos fluctuó entre 9 a 11 cm. El análisis de varianza utilizado demuestra que en la altura final hubo diferencia significativa entre todos los tratamientos (Figura 3.2) siendo el control el de mayor altura. El análisis estadístico demostró que a mayor proporción de BMC en el sustrato, menor fue la altura final.

Las plantas del tratamiento 0:100 (control) tuvieron una altura promedio adecuada para ser mercadeadas y aceptadas por el consumidor. Las plantas cultivadas en los tratamientos que contenían BMC en el sustrato resultaron tener un crecimiento y desarrollo deficiente. Esto se pudo deber a que el BMC tiene mayor capacidad de retención de humedad que la mezcla comercial Pro-Mix[®]. Según Fonteno et al. (1981) la diferencia en el crecimiento de las plantas está relacionado con la cantidad de agua disponible en los tiestos después de la irrigación. Se ha observado que la presencia del BMC en el sustrato aumenta la retención de humedad (Vázquez, 2004). Estudios realizados por Argo y Biernbaum (1995) demostraron que en el sistema de subirrigación se reduce el crecimiento en las plantas de pascua debido al aumento en la humedad relativa.



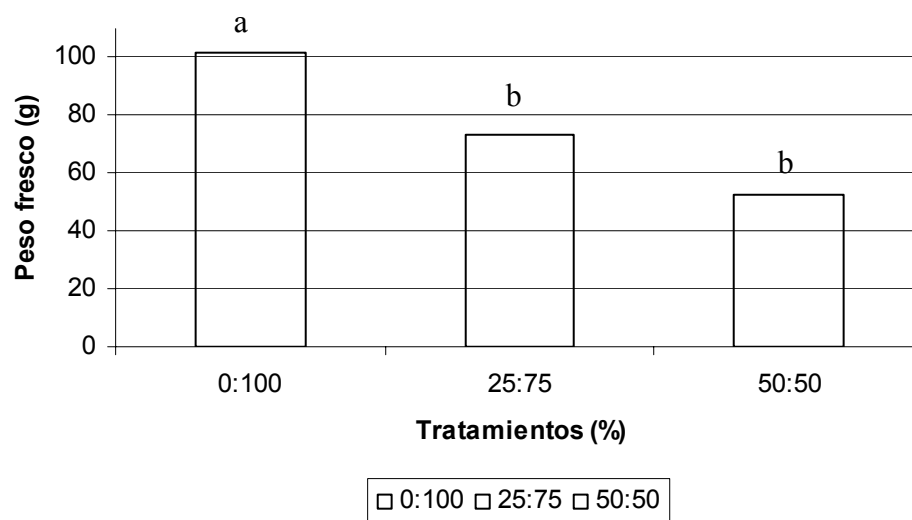
Letras iguales indican que no hay diferencia significativa $\alpha=0.05$
Promedio de 36 plantas por tratamiento

Figura 3.2 Altura final de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix® en el sistema Ebb-flow.

3.4.2 PESO FRESCO Y PESO SECO

Al final del estudio (73 días) se cosecharon las plantas y se tomó el peso fresco (sección aérea y raíces). El tratamiento que obtuvo el peso fresco promedio más bajo fue el 50:50. Según el análisis estadístico utilizado no hubo diferencia significativa entre los tratamientos conteniendo BMC (Figura 3.3). Se observó una diferencia significativa al compararlos con el tratamiento control (0:100), siendo este último el que obtuvo el peso promedio mayor. Las plantas de los tratamientos 25:75 y 50:50 no tuvieron un buen desarrollo del follaje, de brácteas y raíces (Figura 3.4). Se observó que el peso seco de las plantas disminuyó con el aumento de BMC en el sustrato (Figura 3.5).

El desarrollo deficiente de las raíces de las plantas se pudo deber al exceso de humedad que le proveyó el BMC y a la pobre aeración dentro de las bandejas. De acuerdo a Firth (1986) el uso de bandejas plásticas puede inhibir el movimiento de aire alrededor de las plantas. Estos resultados confirman lo reportado por Wilson et al. (2003) donde las plantas de *Salvia* spp. cultivadas en biosólido compostado produjeron plantas más pequeñas y de menor peso que las cultivadas en sustrato de turba.



Letras iguales indican que no hay diferencia significativa $\alpha=0.05$
Promedio de 36 plantas por tratamiento

Figura 3.3. Promedio del peso fresco de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix® en el sistema Ebb-flow.

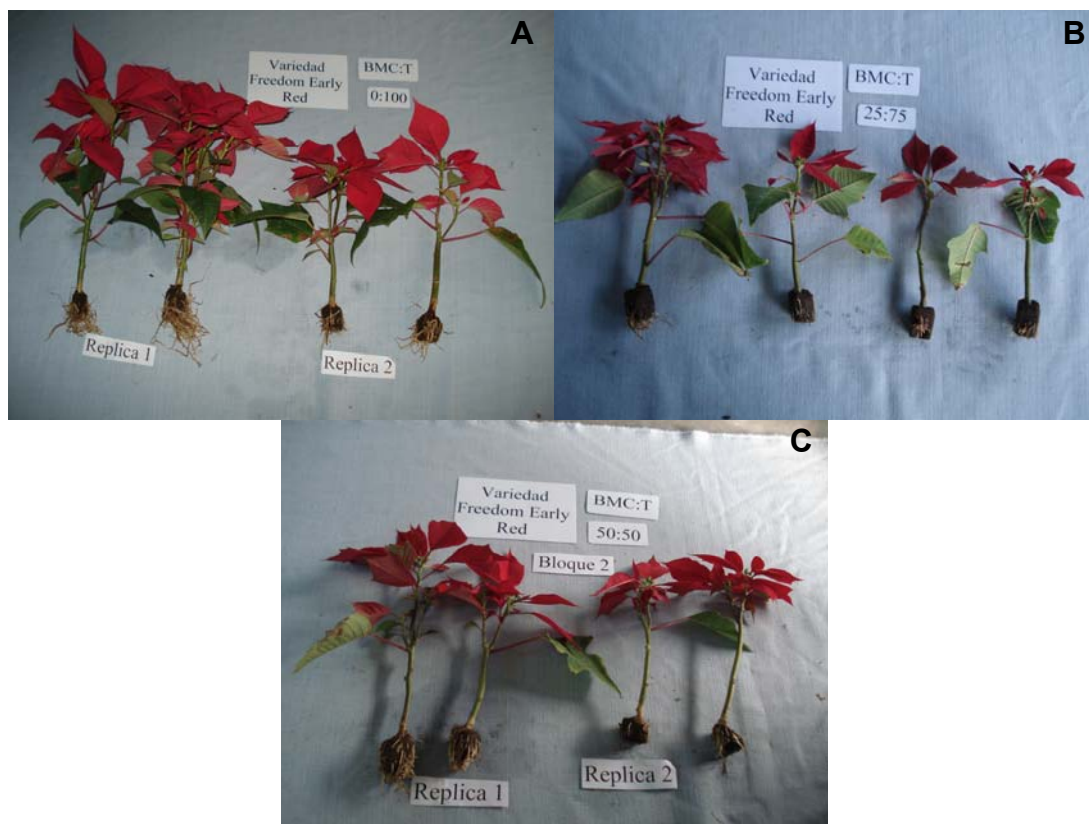
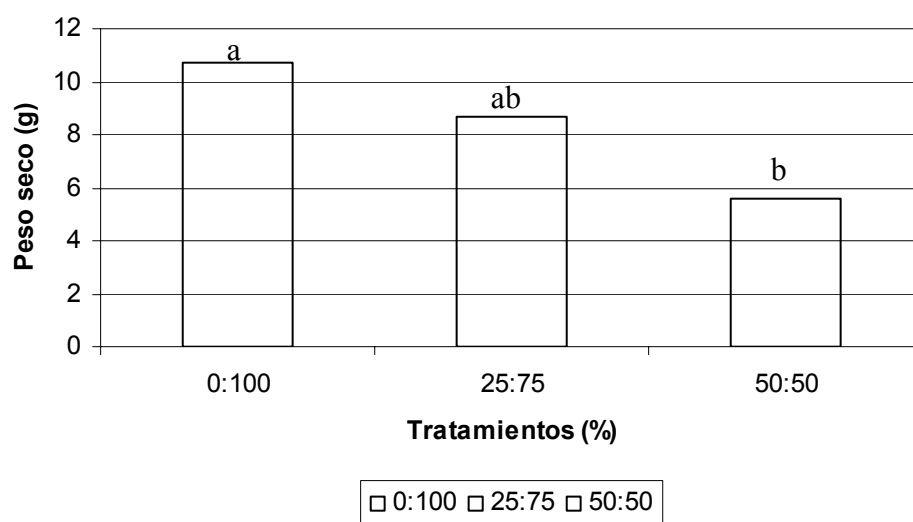


Figura 3.4 Plantas de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en tratamientos con diferentes proporciones de Biosólidos Municipal Compostado:Pro-Mix® (73 días después de la siembra) en el sistema Ebb-flow.
A) 0:100 (control) B) 25:75 BMC:Pro-Mix® C) 50:50 BMC:Pro-Mix®



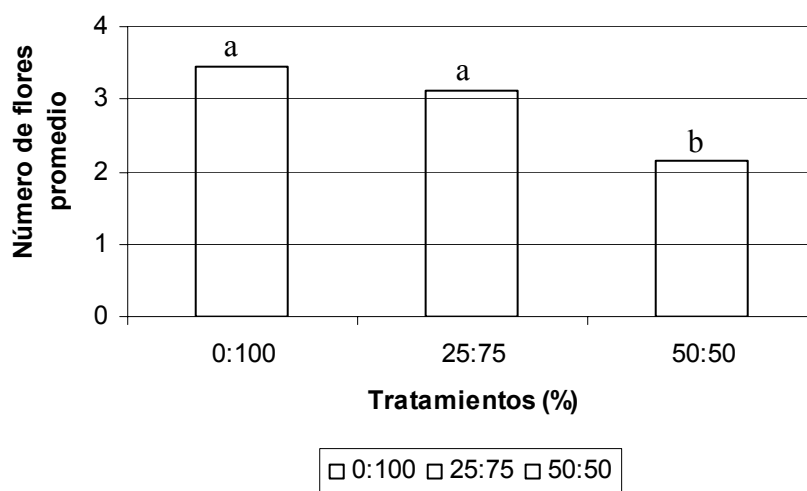
Letras iguales indican que no hay diferencia significativa $\alpha=0.05$
Promedio de 36 plantas por tratamiento

Figura 3.5 Promedio del peso seco de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix® en el sistema Ebb-flow.

3.4.3 FLORES DESARROLLADAS

Los resultados de los datos de la producción de flores indican que hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 3.6). El tratamiento 0:100 obtuvo mayor número de flores. Entre los tratamientos 0:100 y 25:75 no hubo una diferencia en la producción de flores. Las plantas con el tratamiento 0:100 fueron las que obtuvieron mayor producción de flores y su calidad fue superior a los demás tratamientos.

Basándonos en los resultados hubo un efecto negativo en las plantas de los tratamientos que contenían BMC en el medio. Las brácteas de las plantas de estos tratamientos no se desarrollaron y fueron de baja calidad. Según lo observado en el estudio las brácteas fueron pequeñas, opacas y deformes. Estas no eran comercialmente aceptables debido al desarrollo deficiente del conjunto de brácteas alrededor de la inflorescencia y de hojas no llamativas al consumidor. La producción y calidad del conjunto de brácteas que se forman alrededor de la inflorescencia del tratamiento control fueron de un color rojo más intenso.



Letras iguales indican que no hay diferencia significativa $\alpha=0.05$
Promedio de 36 plantas por tratamiento

Figura 3.6 Número de flores desarrolladas de pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en diferentes proporciones de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix® en el sistema Ebb-flow.

3.5 CONCLUSIÓN

Los resultados del estudio en el sistema cerrado tipo ebb and flow demostraron que el uso de BMC en el sustrato no es una alternativa viable para la producción de pascua en tiestos de 6 pulgadas (15 cm.) en el sistema usado. Sin embargo, las plantas de los tratamientos 0:100 (control) fueron pascuas aceptables en el mercado. Estas plantas presentaron mayor follaje y brácteas desarrolladas completamente, resultando así ser superior a las del BMC. Las proporciones de BMC evaluadas no fueron adecuadas para el cultivo de pascua en sistema cerrado debido a que le provee exceso de humedad al sustrato y raíces. El sustrato que recomendamos a utilizar para la producción de pascuas en el Ebb-flow es a base de turba.



Figura 3.7 Pascuas cv. Freedom Early Red cultivadas en el sistema de producción Ebb-flow (73 días después de la siembra).

3.6 LITERATURA CITADA

- Argo, W.A. y J.A. Biernbaum. 1995. The effect of irrigation method, water-soluble fertilization, preplant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and root growth of poinsettia. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 120:163-169.
- Dole, J.M., J.C. Cole y S.L. Von Broembsen. 1994. Growth of poinsettias, nutrient leaching, and water-use efficiency respond to irrigation methods. *HortScience*. 29:858-864.
- Ecke III, P., J.E. Faust, J. Williams y A. Higgins. 2004. *The Ecke Poinsettia Manual*. Ball Publishing, Batavia, Illinois, pp 287.
- Firth, Kristin M. 1986. Growers go with the flow. *Greenhouse Grower*.
- Fonteno, W.C., D.K. Cassel y R.A. Larson. 1981. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106:736-741.
- Kent, M.W. y D.W. Reed. 1996. Nitrogen nutrition of New Guinea impatiens 'Barbados' and *Spathiphyllum* 'Petite' in a subirrigation system. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 121(5):816-819.
- Morvant, J.K., J.M. Dole y E. Allen. 1997. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen and pH in the root medium. *HortTechnology*. 7(2):156-160.
- Morvant, J.K., J.M. Dole y J.C. Cole. 1998. Irrigation frequency and systems affect poinsettia growth, water, use, and runoff. *HortScience*. 33:42-46.
- Nelson, P. V. 2003. *Greenhouse Operation and Management* 6th ed. Department of Horticultural Science North Carolina State University Prentice Hall, New Jersey 07458 pp. 285-288, 300-301.
- Todd, N.M. y Reed. D.W. 1998. Characterizing salinity limits of New Guinea impatiens in recirculating subirrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 123:156-160.
- Vázquez, J.C. 2004. Absorción y lixiviación de nitrógeno y fósforo en sustrato a base de biosólido municipal compostado. MS Tesis, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. pp. 80.

Wilson, S.B., P.J. Stoffella y D.A. Graetz. 2003. Compost Amended Media and Irrigation System Influence Containerized Perennial *Salvia*. Journal of the American Society for Horticultural Science. 128:260-268.

4. IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS EXISTENTES EN EL BIOSÓLIDO MUNICIPAL COMPOSTADO

Lilliam I. Cardona Méndez¹, María Del Carmen Librán², Lizzette González-Gill², Lydia I. Rivera Vargas³ y Myrna Alameda Lozada⁴

¹Estudiante Graduada, ²Catedráticas, Departamentos de Horticultura, ³Protección de Cultivo y ⁴Agronomía y Suelos, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.

4.1 RESUMEN

El biosólido municipal compostado (BMC) se compone de desechos de madera, jardinería y lodos sanitarios generados en la planta de tratamiento de aguas usadas de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados en Arecibo, Puerto Rico. La compostación del BMC envuelve una gran cantidad de microorganismos para la descomposición de la materia orgánica. Se ha demostrado que en la microflora del biosólido municipal compostado hay microorganismos antagonistas que puede suprimir patógenos del suelo. El principal objetivo del estudio fue identificar los microorganismos (hongos y bacterias) asociados a las diferentes proporciones de BMC con Pro-Mix[®] utilizadas en la producción de las plantas de pascua (*Euphorbia pulcherrima*). Los hongos más frecuentes obtenidos fueron *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. y *Verticillium* spp. Los aislados bacterianos se identificaron con el sistema BIOLOG[®]. Las bacterias gram positivas fueron las predominantes. En los aislados evaluados se encontraron bacterias antagonistas como *Bacillus mycoides*, *B. megaterium*, *Pseudomonas fluorescens* y *Burkholderia glumae* patógena a las plantas. El BMC que se produce en Puerto Rico puede ser utilizado como sustrato de cultivo seguro para la producción de pascuas. Este sustrato no sería una fuente de infestación al cultivo debido a microorganismos beneficiosos que existen en el BMC.

Palabra claves: biosólido municipal compostado (BMC), hongos, bacterias, pascuas

4.2 INTRODUCCIÓN

El biosólido municipal compostado (BMC) se compone de desechos de madera, jardinería y lodos sanitarios generados en la planta de tratamientos de aguas usadas de la Autoridad de Acueducto y Alcantarillados (AAA). La compostación del biosólido municipal puede durar de 2 a 3 meses, en los cuales se le añade aire por el sistema de pila aérea estática para que los microorganismos lleven a cabo la descomposición de la materia orgánica. El proceso de compostación se define como una actividad microbiana intensa que lleva a cabo la descomposición de muchos materiales biodegradables (Weltzien, 1991; Adani et al., 1997). Durante este proceso ocurren cambios continuos en la población de microorganismos (Poincelot, 1974).

La diversidad microbiana es un prerequisite para un proceso de compostación satisfactorio (Beffa et al., 1996). Existe una gama de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras que están envueltos en el proceso de la descomposición de las compostas (Epstein, 1997; Trautmann y Olynciw, 2003). En las compostas, estos microorganismos pueden suprimir parcial o totalmente los patógenos del suelo que causan enfermedades en las plantas. *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* son patógenos que causan grandes pérdidas en las ornamentales, especialmente en la pascua (*Euphorbia pulcherrima*). Existe una relación positiva entre la actividad microbiana de la composta y la supresión de las enfermedades causadas por *Pythium* sp. y *Phytophthora* sp. (Chen et al., 1988; Hoitink et al., 2001; Blok et al., 2002).

Investigaciones han demostrado que el biosólido municipal compostado puede aumentar el nivel de la actividad microbiana y suprimir los patógenos que crecen en el suelo (Atkinson et al., 1996). Algunos de los microorganismos que habitan en la microflora bacteriana de las compostas son bacterias como *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescens*, *P. putida*, *Bacillus* spp., *Flavobacterium balustium*, *Enterobacter agglomerans* y el hongo *Trichoderma hamatum* (Hoitink y Fahy, 1986; Trillas-Gay et al., 1986; Hodges et al., 1994; Mousseaux et al., 1998).

El objetivo de este estudio fue el identificar los microorganismos (hongos y bacterias) existentes en los diferentes tratamientos del BMC evaluados antes y después de la siembra de pascuas, del cultivar Freedom Early Red.

4.3 MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de BMC se obtuvieron de la AAA de Arecibo, Puerto Rico. Para la identificación de los microorganismos se evaluaron cinco tratamientos de BMC y Pro-Mix® (Pro-Mix® 'BX' Biofungicida – Subtilex®) con las siguientes proporciones: 0:100 (T1), 15:85 (T2), 25:75 (T3), 50:50 (T4) y 100:0 (5). Se pesaron 10 g de cada muestra y se diluyeron en 90 ml de agua destilada estéril. Estas se colocaron en un agitador orbital por 15 minutos y luego se realizaron diluciones en series 10^{-1} a 10^{-6} .

I. Hongos

Se inocularon superficialmente placas Petri® con agar OHIO (Dhingra y Sinclair, 1995), con una alícuota de 100µl de la dilución 10^{-2} . Las placas se incubaron por 72 horas a 28° C. Se utilizaron dos placas por tratamiento y se aislaron tres colonias al azar por placas por tratamiento. Las colonias fueron purificadas en agar de papa y dextrosa acidificado (ADP_{ac}). Se prepararon laminillas semipermanente en lactofenol con azul de anilina para su identificación. Los hongos se identificaron en base a sus estructuras reproductivas y características morfológicas utilizando cámaras húmedas, estereoscopio, microscopio compuesto y las claves taxonómicas de hongos imperfectos (Barnett y Hunter, 1998; Domesch y Gams, 1970; Domesch. et al, 1980). Las colonias de hongos puras se preservaron en tubos con ADP inclinado.

II. Bacterias

Se inocularon superficialmente placas Petri® con agar de soya tríptico (AST) con una alícuota de 100 µl de la dilución 10^{-4} . Las placas se incubaron en forma invertida por 24 horas a 28° C. Se inocularon dos placas por tratamiento de donde se seleccionaron 4 colonias al azar de cada placa, por tratamiento. Las bacterias aisladas se purificaron en placas Petri® con agar de soya tríptico. Los aislados se diferenciaron inicialmente mediante la tinción Gram (Difco®). La prueba de oxidasa y de tinción de espora con Malaquita verde (5%) se utilizaron para los aislados gram negativo y gram positivo respectivamente (Schaad et al., 2001). La identificación final se realizó mediante el sistema computarizado de identificación microbiana BIOLOG® (Biolog, Inc. Hayward, CA.). Este método de clasificación de bacterias, está basado en la oxidación de 95 fuentes de carbono y la posterior reducción del indicador violeta de tetrazolio. La oxidación positiva de una fuente de carbono es indicada por una reacción colorimétrica, la cual puede ser evaluada en un intervalo de onda apropiado, midiendo la densidad óptica con un espectrofotómetro (Bochner et al., 1989). Este sistema compara su base de datos con el patrón de la oxidación de las fuentes de carbono de los aislados a identificarse.

Identificación de las bacterias mediante el método BIOLOG®.

Los aislados Gram negativos no entéricos se cultivaron en el medio BUGM™ (Biolog Universal Growth Medium) durante 24 horas a 28° C. La suspensión bacteriana se preparó en tubos con fluido de inoculación (GN/GP Inoculating Fluid) (BIOLOG®) suplementado con tres gotas de trioglicolato de sodio (BIOLOG®),

utilizando un espectrofotómetro (*Spectronic-21 Milton Roy Company, (USA)* a 590 nm hasta lograr una transmitancia de 52 % $\pm$ 2.

Los aislados gram positivos no formadores de esporas se cultivaron en platos Petri® con BUGM™ y se incubaron por 24 horas a 28° C. Se preparó una suspensión bacteriana en tubos con fluido de inoculación y se calibró a 20%. Los aislados gram positivo formadores de esporas se cultivaron en platos Petri® que contenían el medio BUGM™ + 5% de maltosa y 100 µl de trioglicolato de sodio dispersado sobre la superficie. La suspensión bacteriana se calibró a una transmitancia de 28%.

Las suspensiones bacterianas se inocularon (150 µl) en cada una de las fosas de las microplacas GN2 BIOLOG®. Las microplacas fueron incubadas a 28° C durante 24 horas. Estas microplacas se leyeron utilizando un lector automático Microlog® (Micro Station System 4.1) a las 4 a 6 horas y a las 18 a 24 horas.

Las colonias identificadas se inocularon en tubos con agar de soya tróptico inclinado, se incubaron a 28° C por 24 horas y se preservaron a 4° C.

4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron dos muestreos (antes y después de la siembra) para conocer las poblaciones de hongos presentes en los tratamientos con diferentes proporciones BMC: Pro-Mix[®]. Las poblaciones iniciales en el primer muestreo llevado a cabo en julio del 2006 fueron: 30.5 unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco (ufc/g) para 15:85 (BMC:Pro-Mix[®]), 29.5 ufc/g para 25:75 (BMC:Pro-Mix[®]), 50 ufc/g para 50:50 (BMC:Pro-Mix[®]) y 51 ufc/g para 100:0 (BMC:Pro-Mix[®]). La población del segundo muestro llevado a cabo luego de la siembra en los diferentes tratamientos fue de: 45 ufc/g para 0:100 (BMC:Pro-Mix[®]), 21.5 ufc/g para 15:85 (BMC:Pro-Mix[®]), 45 ufc/g para 25:75 (BMC:Pro-Mix[®]), 55 ufc/g para 50:50 (BMC:Pro-Mix[®]) y 68 ufc/g para 100:0 (BMC:Pro-Mix[®]). La población de los tratamientos del segundo muestreos presentaron un conteo (ufc/g) mayor, con la excepción del tratamiento 18:85 (BMC:Pro-Mix[®]) donde se obtuvo un conteo (ufc/g) menor.

Los géneros de hongos que predominaron en los muestreos de BMC:Pro-Mix[®] realizadas en julio y diciembre 2006 fueron *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. y *Verticillium* spp. (Tabla 4.1). Los géneros de los hongos aislados fueron similares para las dos fechas de muestreo. En el tratamiento 15:85 para ambas fechas y en el control, *Fusarium* sp. fue aislado e identificado, sin embargo, éste no fue aislado en los otros tratamientos que contenían proporciones de BMC. Los géneros identificados en las proporciones que contenían BMC fueron *Aspergillus* spp.

Cuadro 4.1. Hongos identificados de los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.

Tratamientos ¹	Época de muestreo			
	julio 2006	Total de colonia	diciembre 2006	Total de colonia
T1	DN	DN	<i>Aspergillus sp.</i>	2
	DN	DN	<i>Fusarium oxysporum</i>	1
	DN	DN	<i>Verticillium sp.</i>	1
T2	<i>Aspergillus sp.</i>	1	<i>F. oxysporum</i>	1
	<i>Fusarium sp.</i>	1	<i>Penicillium sp.</i>	1
	<i>Verticillium sp.</i>	1	<i>Verticillium sp.</i>	1
	desconocido 1 ²	1		
T3	<i>Aspergillus sp.</i>	1	<i>Aspergillus sp.</i>	2
	<i>Verticillium sp.</i>	2	<i>Verticillium sp.</i>	1
	desconocido 1 ³	1	<i>Penicillium sp.</i>	1
T4	<i>Aspergillus sp.</i>	3	<i>Aspergillus sp.</i>	2
	<i>Penicillium sp.</i>	1	<i>Penicillium sp.</i>	1
	<i>Verticillium sp.</i>	2	<i>Verticillium sp.</i>	1
T5	<i>Aspergillus niger</i>	1	<i>Aspergillus sp.</i>	3
	<i>Aspergillus sp.</i>	1	<i>Penicillium sp.</i>	1
	<i>Penicillium sp.</i>	1	<i>Verticillium sp.</i>	1
	<i>Verticillium sp.</i>	2		

¹ Tratamientos (BMC:Promix®): T1=0:100, T2=15:85, T3=25:75, T4=50:50, T5=100:0

² desconocido1 Hongo con ausencia de estructuras reproductivas

³ desconocido2 Hongo con ausencia de estructuras reproductivas

DN=datos no recopilados

(Figura 4.1), *Penicillium* spp. (Figura 4.2) y *Verticillium* spp. (Figura 4.3). Estos representan el 34, 32 y 17 % de los aislados de hongos identificados, respectivamente.

Penicillium spp. y *Aspergillus* spp. no han sido reportados como patógenos en el cultivo de pascuas, sino que más bien pertenecen al grupo de los hongos oportunistas y saprófitos, dominantes. Estos intervienen en la regulación de poblaciones patógenas a través de la producción de antibióticos (Stapleton y De Vay, 1982). Varios estudios revelan que las compostas pueden suprimir las enfermedades de las plantas. En la pascua, la putrefacción de la corona causada por *Rhizoctonia* spp., el sancococho o “damping-off” y la pudrición de la raíz en la celosia (*Celosia argentea*), fueron suprimidos en sustratos que contenían corteza de árbol compostado (Daft et al., 1979). De acuerdo a los resultados presentados por Termorshuizen et al. (2006) el BMC en el medio suprime a *Fusarium oxysporum* en el cultivo de lino (*Linus usitatissimum*).

Varios microorganismos pueden contribuir al efecto supresivo de la marchitez causada por *Fusarium*, sobre todo en las poblaciones no patogénicas de *F. oxysporum* (Larkin et al., 1996; Duijuff et al., 1999). En la mayoría de los casos, la supresión es basada principalmente en las interacciones entre el patógeno y las poblaciones de la microflora saprófita (Cotxarrea et al., 2002). De acuerdo a los resultados, los hongos aislados pueden tener potencial de control biológico. Los hongos *Penicillium* spp., *Trichoderma* spp., *Gliocladium virens*, los actinomicetos *Streptomyces* spp. han sido identificados como agentes biocontroladores en sustratos a base de compostas (Nelson et al., 1983; Chung y Hoitink 1990; Hardy y

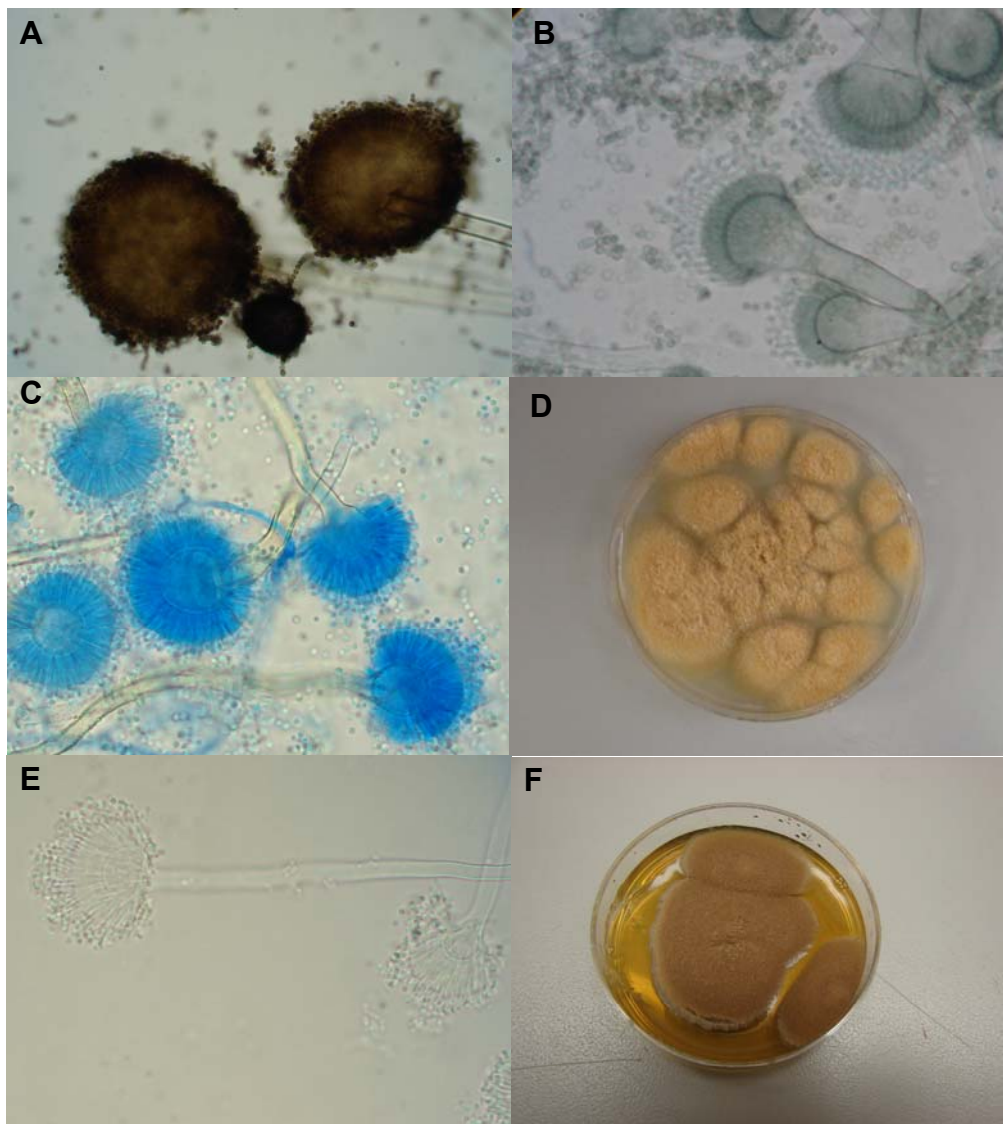


Figura 4.1. *Aspergillus* spp. aislados de los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix[®].
A. Conidióforo de *A. niger*; B. Conidióforo de *Aspergillus* sp.;
C. Conidióforo de *Aspergillus* sp. teñido con azul de anilina;
D. Colonia de *Aspergillus* sp. en agar de papa y dextrosa (ADP);
E. . Conidióforo de *Aspergillus* sp.; F. Colonia de *Aspergillus* spp. en ADP.

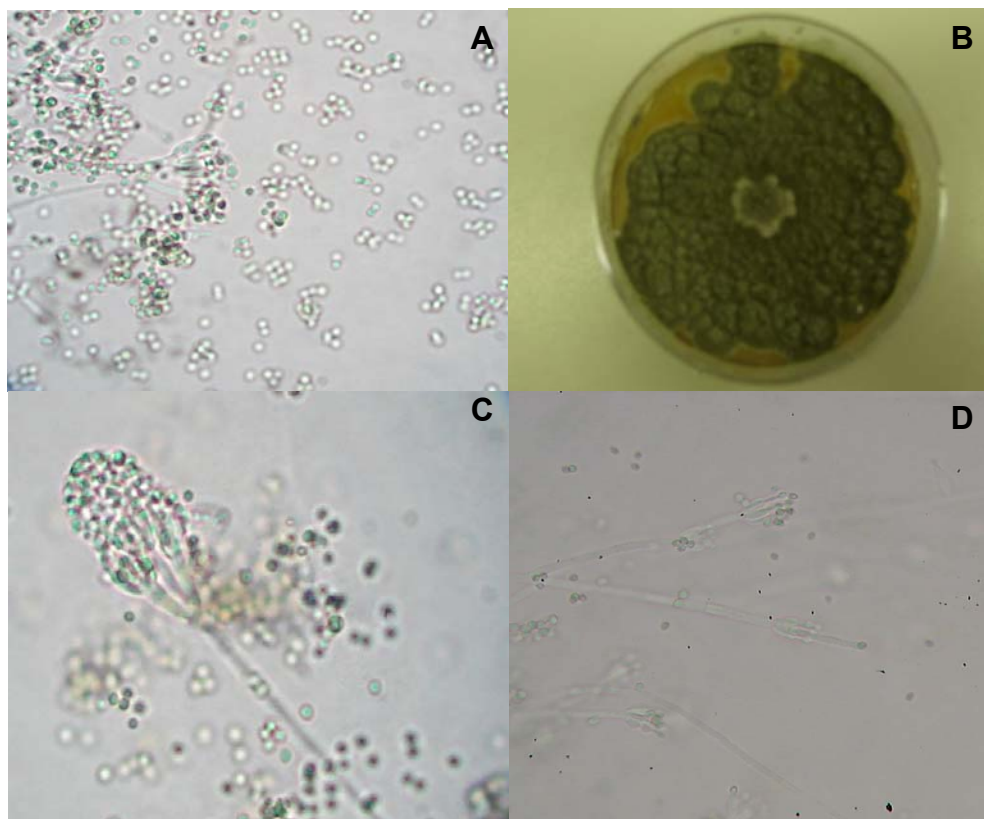


Figura 4.2. *Penicillium* spp. aislados de los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix[®].
A. Conidióforo de *Penicillium* sp.; B. Colonia de *Penicillium* sp. en agar de papa y dextrosa (ADP); C. Conidióforo de *Penicillium* sp.; D. Conidióforo de *Penicillium* sp.

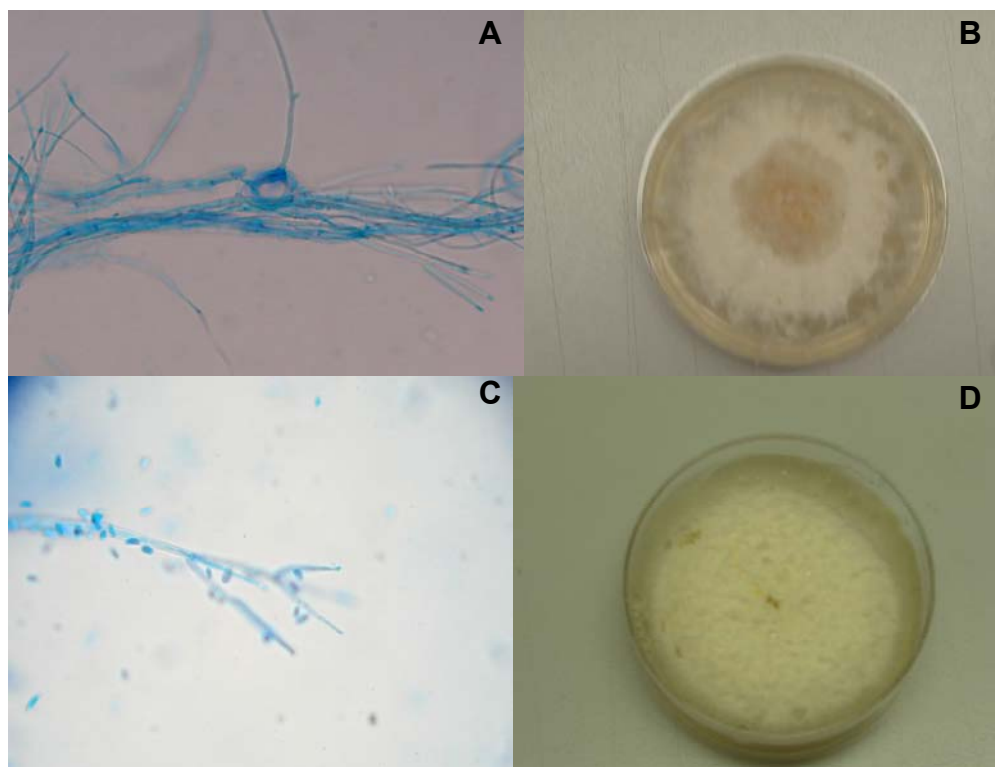


Figura 4.3. *Verticillium* spp. aislados de los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.
A. Conidióforo de *Verticillium* sp.; B. Colonia de *Verticillium* sp. en agar de papa y dextrosa (ADP); C. Conidias y conidióforo de *Verticillium* sp.; D. Colonia de *Verticillium* sp. en ADP.

Sivasithmparam, 1991). Las interacciones antagónicas con otros hongos han sido clasificadas basándose en microparasitismo, antibiosis y competencia por nutrientes (Hjeljord y Tronsmo, 1998).

Verticillium albo-atrum y *V. dahliae* afectan una amplia gama de plantas, incluyendo las plantas ornamentales florecedoras en envases. Algunas de las plantas ornamentales como *Euphorbia*, *Rosa*, *Impatiens* y *Dianthus*, han sido reportadas como hospederas de *V. dahliae*. (Daughtrey et al., 1995). Ninguna de las especies de *Verticillium* ha sido reportadas como patógenas al cultivo de la pascua (Ecke III et al., 2004).

Las poblaciones iniciales de bacterias en el primer muestreo llevado a cabo en julio del 2006 fueron: 67 ufc/g para 15:85 (BMC:Pro-Mix[®]), 37 ufc/g para 25:75 (BMC:Pro-Mix[®]), 36.5 ufc/g para 50:50 (BMC:Pro-Mix[®]) y 37.5 ufc/g para 100:0 (BMC:Pro-Mix[®]). El nivel poblacional del segundo muestro (diciembre 2006) luego de la siembra en los diferentes tratamientos fue de: 109 ufc/g para 0:100 (BMC:Pro-Mix[®]), 51 ufc/g para 15:85 (BMC:Pro-Mix[®]), 30 ufc/g para 25:75 (BMC:Pro-Mix[®]), 93 ufc/g para 50:50 (BMC:Pro-Mix[®]) y 109 ufc/g para 100:0 (BMC:Pro-Mix[®]). La población de las bacterias en el tratamiento 100:0 (BMC:Pro-Mix[®]) aumentó durante el segundo muestreo.

Los resultados de tinción gram y pruebas Biolog basadas en reacciones bioquímicas se presentan en la Tabla 4.2. El género predominante en ambas fechas de muestreo fue *Bacillus* spp. Los géneros predominantes identificados en los tratamientos que contenían BMC fueron *Bacillus* spp., *Staphylococcus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Pasteurella* spp. Las bacterias gram positivas representan el

Cuadro 4.2. Bacterias identificadas en los tratamientos de Biosólido Municipal Compostado:Pro-Mix®.

Tratamientos ¹	Época de muestreo			
	Tinción Gram	julio 2006	Tinción Gram	diciembre 2006
T1		DN	+	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>
		DN	+	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>
T2	+	<i>Bacillus mycoides</i>	+	<i>Bacillus</i> sp.
	+	<i>Bacillus mycoides</i>	-	<i>Pseudomonas fluorescens</i> biotype F
		DN	-	<i>Pseudomonas maculicola</i>
		DN	-	<i>Pasteurella volantium</i>
T3	+	<i>Bacillus</i> sp.	+	<i>Bacillus</i> sp.
	+	<i>Bacillus</i> sp.	+	<i>Microbacterium testaceum</i>
	+	<i>Bacillus cereus/thuringiensis</i>	+	<i>Staphylococcus warneri</i>
	+	<i>Bacillus megaterium</i>	-	<i>Sphingomonas sanguinis</i>
	-	<i>Chryseobacterium scophthalmum</i>		DN
T4	-	<i>Pseudomonas maculicola</i>	-	<i>Pasteurella caballi</i>
	-	<i>Pseudomonas putida</i>	-	<i>Pasteurella volantium</i>
	+	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	+	<i>Staphylococcus</i> spp.
		DN	+	<i>Bacillus</i> sp.
T5	+	<i>Bacillus mycoides</i>	+	<i>Bacillus megaterium</i>
	+	<i>Staphylococcus</i> spp.	-	<i>Burkholderia glumae</i>
		DN	-	<i>Pasteurella pneumotropica</i>
		DN	-	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>

¹ Tratamientos (BMC:Promix®): T1=0:100, T2=15:85, T3=25:75, T4=50:50, T5=100:0

DN=datos no recopilados

60% de la población bacteriana aislada de las proporciones conteniendo BMC. Las bacterias gram negativas tienen la capacidad de ser agentes de control en la composta de corteza de árboles (Kowk et al., 1987). En el BMC se identificaron las bacterias saprófitas: *Pasteurella* spp. y *Sphingomonas* spp. *Burkholderia glumae*, bacteria patógena aislada que causa putrefacción en los semilleros de arroz (Maeda et al., 2004).

En el biosólido municipal compostado se aislaron bacterias antagonistas como *Pseudomonas fluorescens* biotype F, *Bacillus mycoides*, *B. megaterium* y *B. cereus/thuringiensis*. Estas han sido reportadas mostrando un efecto inhibidor a hongos patógenos del suelo. Hoitink y Fahy (1986) reportaron que las bacterias antagonistas en las compostas son efectivas en la supresión de patógenos del suelo. *Bacillus thuringiensis* tiene efecto antibiótico en organismos procarióticos como *Erwinia caratovora*, *Streptomyces chrysomallus*, *Micrococcus luteus* y *M. aurantiacus* (Ferreira et al., 2003). *Pseudomonas* spp. pueden actuar como biofertilizantes al ayudar a la planta de forma directa en la adquisición de nutrientes o indirectamente a través de relaciones simbióticas (Vessey, 2003). Bacterias como los grupos de *Pseudomonas* fluorescentes, contribuyen a suprimir la marchitez causada por *Fusarium* spp. (Lemanceau y Alabouvette, 1993). Las compostas pueden modificar la composición microbiana, aumentando la competencia y antagonismo entre los microorganismos y reduciendo la actividad de los patógenos de las plantas (Hoitink y Boehm, 1999; De Clercq et al., 2004). Éstas sirven para la supresión de enfermedades de plantas que ocurre por la actividad de varios microorganismos (Hoitink y Fahy 1986).

4.5 CONCLUSIONES

Los hongos identificados asociados a los tratamientos evaluados no han sido reportados como patógenos en las plantas de pascua producidos en sistema abierto. Las bacterias aisladas *Bacillus mycoides*, *B. megaterium*, *B. thuringiensis* y *Pseudomonas fluorescens* biotipo F poseen características antagonistas que sirven como agentes de control biológico a los patógenos del suelo. El BMC utilizado posee hongos y bacterias que han sido descritos como antagonistas, lo cual confirma que podrían ser utilizadas en el control biológico de ciertos microorganismos patógenos.

4.6 LITERATURA CITADA

- Adani, F., P.L. Genevini, F. Gasperi y G. Zorzi. 1997. Organic matter evolution index (OMEI) as a measure of composting efficiency. *Compost Science and Utilization*. 5:53-62.
- Atkinson, C.F., D.D. Jones y J.J. Gauthier. 1996. Biodegradabilities and microbial activities during composting of oxidation ditch sludge. *Compost Science and Utilization*. 4(3):84.
- Beffa, T., M. Blanc, L. Marilley, J.L. Fisher, P.F. Lyon y M. Aragno. 1996. Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. In *The Science of Composting*, Part 1, eds. de Bertoldi, M., Sequi, P. Lemmes, B. & Papi, T. pp. 149-161. London, England: Chapman and Hall. ISBN 0751403830
- Barnett, H.L. y B.B. Hunter. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth edition. APS Press. Saint Paul, Minnesota.
- Blok, W.J., G.C.M. Coenen y A.J. Pijil. 2002. Disease suppression and microbial communities in potting mixes amended with compost biowastes. In: Michel, F.J., Hoitink, H.A.J. (Eds.), *Proceedings of the International Symposium Composting and Compost Utilization*. Columbus, OH, May 6-8. JG Press, Emmaus, USA, disc format, pp. 630-644.
- Bochner, B.R. 1989. Sleuthing out bacterial identities. *Nature*. 339:157-158.
- Chen, W., H.A.J. Hoitink y L.V. Madden. 1988. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*. 78:1447-1450.
- Chung, Y.R. y Hoitink, H.A.J. 1990. Interactions between thermophilic fungi and *Trichoderma hamatum* in suppression of *Rhizoctonia* damping-off in a bark compost-amended container medium. *Phytopathology*. 80:73-77.
- Cotxarrea, L., M.I. Trillas-Gay, C. Steinberg y C. Alabouvette. 2002. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. *Soil Biology and Biochemistry*. 34:467-476.
- Daft, G. C., H. A. Poole y H. A. J. Hoitink. 1979. Composted hardwood bark: A substitute for steam sterilization and fungicide drenches for control of Poinsettia crown and root rot. *HortScience*. 14:185-187.
- Daughtrey, M.L., R. L. Wick y J.L. Peterson. 1995. Compendium of Flowering Potted Plant Disease. The American Phytopathological Society. Pp.46-47.

- De Clercq, D. L. Vandesteene, J. Coosemans y J. Ryckeboer. 2004. Use of compost as suppressor of plant disease. In: Lens, P, B. Hamelers, H.A.J. Hoitink y W. Bidlingmaier, W. (Eds.), Resource recovery and Reuse in Organic Solid Waste Management, IWA publishing, London, pp.1550-1557.
- Dhingra O.D. y J.B. Sinclair. 1995. Basic plant pathology methods. Second edition. Ed Lewis Publishers. CRC Press. Boca Ratón, Florida. pp. 434.
- Domesh, K.H. y W. Gams. 1970. Fungi in Agricultural Soils. Halsted Press Division, New York, 290 pp.
- Domesh, K.H., W. Gams y A. Trate-Heidi. 1980. Compendium of Soil Fungi. Academic Press, New York, 859 pp.
- Duijuff, B.J., G. Recorbert, P.A.H.M. Bakker, J.E. Loper y P. Lemanceau. 1999. Microbial antagonism at the root level is involved in the suppression of *Fusarium* wilt by the combination of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Fo47 and *Pseudomonas putida* WCS358. Phytopathology. 89:1073-1079.
- Ecke III, P., J.E. Faust, J. Williams y A. Higgins. 2004. The Ecke Poinsettia Manual. Ball Publishing, Batavia, Illinois. pp 276.
- Epstein, E. 1997. The Science of Composting. CRC Press LLC. Boca Ratón, Florida. pp. 487.
- Ferreira, L.h.P.L., J.C. Molina, C.Brasil y G. Andrade. 2003. Evaluation of *Bacillus thuringiensis* bioinsecticidal proteins effects on soil microorganisms. Plant and Soil. 256:161-168.
- Hardy, G.E. St. J. y K. Sivasithamparam, 1991. Suppression of *Phytophthora* Root Rot by a Composted *Eucalyptus* Bark Mix. Australian Journal Botanical. 39:153-159.
- Hjeljord, L. y Tronsmo, A. 1998. *Trichoderma* and *Gliocladium* in biological control: an overview. In: Kubicek, C.P., Harman, G.E. (Eds.). *Trichoderma* and *Gliocladium*, vol. 2. Tayllor and Francis, London, pp. 131-151.
- Hodges, C.F., D.A. Campbell y N. Christians. 1994. Potential biocontrol of *Sclerotinia homoeocarpa* and *Bipolaris sorokiniana* on the phylloplane of *Poa pratensis* with strains of *Pseudomonas* spp. Plant Pathology. 43:500-506.
- Hoitink, H.A.J y M.J. Boehm. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a soil-dependent phenomenon. Annual Review of Phytopathology. 37: 427-446.

- Hoitink, H.A.J. y P.C. Fahy. 1986 Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annual Reviews of Phytopathology*. 24:93-114.
- Hoitink, H.A.J., M.S. Krause y D.Y. Han. 2001. Spectrum and mechanisms of plant disease control with composts. In: Stoffela, P.J., Kahn, B.A. (Eds.), *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*. Lewis Publishers, Boca Raton, USA, pp. 263-273.
- Kowk, O.C.H., P.C. Fahy, H.A.J. Hoitink y G.A. Kuter. 1987. Interactions between bacteria and *Trichoderma hamatum* in suppression of *Rhizoctonia* damping-off in bark compost media. *Phytopathology*. 77:1206-1212.
- Larkin, R.P., D.L. Hopkins y F.N. Martin. 1996. Suppression of *Fusarium* wilt of watermelon by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other microorganisms recovered from a disease-suppressive soil. *Phytopathology*. 86:812-819.
- Lemanceau, P. y Alabouvette, C. 1993. Suppression of *Fusarium* wilts by fluorescent pseudomonads: mechanisms and applications. *Biocontrol Science and Technology*. 3:219-234.
- Maeda, Y., A. Kiba, K. Ohnishi, and Y. Hikichi. 2004. Implications of amino acid substitutions in GyrA at position 83 in terms of oxolinic acid resistance in field isolates of *Burkholderia glumae*, a causal agent of bacterial seedling rot and grain rot of rice. *Applied and Environmental Microbiology*. 70: 5613-5620.
- Mousseaux, M.R., R.K. Durroese, R.L. James, D.L. Wendy y G.R. Knudsen. 1998. Efficacy of *Trichoderma harzianum* as a biological control of *Fusarium oxysporum* in container-grown Douglas-fir seedlings. *New Forests*. 15:11-21.
- Nelson, E.B., G.A. Kuter y H.A.J. Hoitink. 1983. Effects of fungal antagonists and compost age on suppression of *Rhizoctonia* damping-off in container media amended with composted hardwood bark. *Phytopathology*. 3:1457-1462.
- Poincelot, R. P. 1974. Biochemistry and methodology of composting. Connecticut Agricultural Experimental Station. Bulletin 727. pp. 4-37.
- Schaad N.W., J.B. Jones y W. Chun. 2001. Plant pathogenic bacteria. Third edition. APS Press. Saint Paul, Minnesota.
- Stapleton, J.J. y J.E. De Vay. 1982. Effect of solarization on populations of selected soilborne microorganisms and growth of deciduous fruit tree seedling. *Phytopathology*. 72:323-326.

- Termorshuizen, A.J., E. van Rijn, D.J. van der Gaag, C. Alabouvette, Y. Chen, J. Lagerlöf, A.A. Malandrakis, E.J. Paplomatas, B. Rämert, J. Ryckeboer, C. Steinberg y S. Zmora-Nahum. 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry*. 38:2461-2477.
- Trautmann, N. y E. Olynciw. Compost microorganisms.
<http://cfe.cornell.edu/compost/microorg.html>. Accessed August 2003.
- Trillas-Gay, M.I., H.A.J Hoitink y L.V. Madden. 1986. Nature of suppression of *Fusarium* wilt of radish in a container medium amended with composted hardwood bark. *Plant Disease*. 10:1023-1027.
- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255:571-586.
- Weltzien, H.C. 1991. Biocontrol of foliar fungals diseases with compost extracts. In *Microbial Ecology of Leaves*, eds. Andrews, J.H. & Hirano, S.S pp. 430-450. New York: Springer-Verlag, Inc. ISBN 038975799

5 CONCLUSIONES

Las plantas de pascuas cultivadas en las proporciones evaluadas de BMC en el sistema convencional en Adjuntas, Puerto Rico tuvieron brácteas más brillantes, desarrolladas y vistosas que las cultivadas en Pro-Mix®. El sustrato a base de BMC se puede utilizar para producir plantas de pascuas de calidad tanto en canasta como en tiesto. Los resultados demostraron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos de 25:75 y 50:50 en los parámetros de crecimiento evaluados, sin embargo la proporción 50:50 aumenta el peso del envase lo que no es favorable para el mercado de pascuas en canastas. El estudio revela que el BMC le brinda a los sustratos organismos beneficiosos que pueden suprimir patógenos del suelo, siendo éstos uno de los problemas que enfrenta el productor. Por otro lado el Pro-Mix® no le brinda esa protección a las plantas.

Se encontró que las plantas cultivadas en el sustrato que contenía BMC en el sistema cerrado tipo “Ebb-flow” no se desarrollaron efectivamente, lo cual indica que el BMC en este sistema no es adecuado para la producción de pascuas. Se observó, que los tratamientos conteniendo proporciones de BMC se mantenían muy húmedos y no drenaban bien, siendo esto un factor limitante en el desarrollo y crecimiento de las plantas. Se observó, que las condiciones en el vivero donde se llevó a cabo el estudio no fueron las idóneas para la siembra de las pascuas. La ubicación del lugar propició un ambiente con humedad relativa alta, observándose así un pobre flujo de aire en el lugar.

6 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda la proporción 25:75 (BMC:Pro-Mix[®]) para la producción de pascuas en canastas. También, se recomienda identificar los actinomicetos y levaduras y continuar el estudio de las bacterias y los hongos presentes en el BMC, hasta identificar las especies de dichos microorganismos. Este estudio de identificación deberá realizarse en el BMC puro y en las proporciones recomendadas para la siembra de pascuas y otras ornamentales de importancia económica en Puerto Rico. Es importante identificar las especies para conocer su origen y el efecto de éstas en las plantas, en humanos y animales. Recomendamos, que se evalúe la capacidad de supresión de las bacterias antagonistas y hongos beneficiosos encontrados en el BMC a las plantas. Se deben realizar pruebas de patogenicidad de las bacterias y hongos encontrados en el BMC y en las proporciones recomendadas.

Las plantas cultivadas en Pro-Mix[®] en el sistema cerrado se desarrollaron mejor que las del BMC, así que se podría recomendar el producir pascuas automatizando el sistema. Se recomienda realizar un estudio con otras proporciones de BMC, Pro-Mix[®] y otros componentes que aumenten la porosidad del sustrato y en un vivero con mejor circulación de aire y una humedad relativa más baja, adecuado para el cultivo de ornamentales.