

Análisis económico de medio orgánico como alternativa a las mezclas comerciales utilizando turba para la producción de plantas ornamentales en tiestos.

Por:
Belckys J. Alvarado Dávila

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

MAESTRO EN CIENCIAS
en
Economía Agrícola

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2006

Aprobado por:

Gladys M. González Martínez, Ph.D.
Presidenta, Comité Graduado

Fecha

María del C. Librán Salas, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Myrna Comas Pagán, M.S.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Jorge A. González Soto, Ph.D.
Director del Departamento

Fecha

José A. Mari Mutt, Ph.D.
Director de Estudios Graduados

Fecha

Lizzette González-Gill, Ph.D.
Representante Estudios Graduados

Fecha

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the production cost for alternative organic growing media used in the production of tropical ornamentals produced in pots and compare costs with the growing media used at this moment. In this study we worked with three varieties of ornamentals of economic interest to the farmers as: *Euphorbia pulcherrima*, *Catharanthus roseus* y *Gerbera jamesonii*.

The alternate growing media proposed was a mixture of municipal composted biosolids and peat moss. To achieve this objective, the information was taken at the farms of two ornamental productions farmers from the town of Aibonito. It was used the mixture in three different proportions of biosolids: peat moss. The proportions were: 10:90, 25:75 y 50:50. For each proportion it was used thirty plants for each variety, being each farmer a replication. The plants were exposed to the same condition of light, watering and physical space as the plants that the farmer planted, the only difference was the growing media utilized.

It was discovered that *Euphorbia pulcherrima* was more tolerant to a higher proportion of biosolids utilized, because it develop excellent against the control plants. Although, the *Catharanthus roseus* and *Gerbera jamesonii* were less tolerant to higher concentrations of biosolids in the growing media.

The three proportions utilized in this experiment demonstrate to be an economic alternative for the farmers, because in all of them we can see savings in comparison with the growing media used with the control plants. This study can be used as base for future investigations.

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue estimar los costos de producción para medios orgánicos alternos en la producción de plantas ornamentales tropicales producidas en tiestos y comparar los costos del medio de cultivo utilizado actualmente. En este estudio se trabajó con tres variedades de plantas ornamentales de interés económico para los agricultores como: *Euphorbia pulcherrima*, *Catharanthus roseus* y *Gerbera jamesonii*.

El medio orgánico alternativo propuesto fue una mezcla de biosólidos municipales compostados y musgo esfagníneo. Para lograr este objetivo, los datos fueron tomados en las fincas de dos productores de ornamentales del pueblo de Aibonito. Se utilizó la mezcla en tres diferentes proporciones biosólidos: musgo esfagníneo. Las proporciones fueron: 10:90, 25:75 y 50:50. Para cada proporción se utilizaron treinta plantas por variedad en dos repeticiones, siendo cada agricultor una replicación. Las plantas estuvieron expuestas a las mismas condiciones de luz, riego y espacio que las plantas sembradas por los agricultores, la única diferencia fue el medio de cultivo utilizado.

Se encontró que la *Euphorbia pulcherrima* fue más tolerante a mayor proporción de biosólido utilizado, ya que se desarrolló en forma excelente en comparación con las plantas control. Sin embargo, la *Catharanthus roseus* y *Gerbera jamesonii* fueron menos tolerantes a altas concentraciones de biosólidos en su medio de cultivo.

Las tres proporciones utilizadas en este experimento demostraron ser una alternativa económica para los agricultores, ya que en todas se observa ahorro en comparación con el medio utilizado para las plantas control. Este estudio puede usarse como base para futuras investigaciones.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios, que en todo momento estuvo dándome fuerza y energía para completar este proyecto. A Carly Cesaní, mi esposo, la persona a quien amo y que me apoyó siempre para llegar a alcanzar todas mis metas y las que nos faltan aún por realizar. A toda mi inmensa familia: mi madre, mis abuelos, hermanos, tíos, primos, a todos y cada uno de ustedes les dedico con cariño este trabajo como ejemplo de que podemos alcanzar todo lo que nos propongamos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle a los miembros de mi comité de tesis: a la Dra. Gladys González, a la Dra. María del C. Librán, a la Profesora Myrna Comas y a la representante de Estudios Graduados, la Dra. Lizzette González- Gill por aceptar pertenecer a este comité y por su apoyo, dedicación y consejos. Gracias mil.

También quiero agradecerles a todas las personas que pusieran su granito de arena para ayudarme a realizar este proyecto. Primeramente a los agricultores de ornamentales de Aibonito, agricultores modelos y visionarios que me permitieron visitarlos semanalmente para trabajar en sus fincas y tomar datos. Gracias por prestarme sus facilidades y facilitarme materiales y espacio para completar este trabajo. A Luly y su familia de Jardín Luriam y a Francisco “Paquito” Mendoza. A las personas que laboran en la Planta de Composta de la Autoridad de Desperdicios Sólidos de Arecibo, especialmente a la Sra. Rosalía Llanos.

A los compañeros del Departamento de Economía Agrícola, al Dr. Jorge González, director del Departamento, a Mally y Damaris, secretarias, más que compañeras del departamento, amigas especiales. A la Profesora Flor Delgado, a mis compañeros de estudios Ivelisse, Jacqueline, Mirllán, Katarina y César; gracias por su amistad y apoyo y les deseo éxito en sus metas dondequiera que estén. Dios los bendiga a todos.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Aspectos económicos.....	1
1.2 Naturaleza e importancia del problema	11
1.3 Objetivos del estudio	14
1.3.1 Objetivo principal	14
1.3.2 Objetivo secundario	14
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1 Procesamiento de biosólidos.....	16
2.2 Beneficios	23
2.2.1 Reciclaje.....	23
2.2.2 Reducción de costos	24
2.2.3 Protege la calidad del agua.....	25
2.2.4 Importancia en la construcción de jardines	26
2.2.5 Reducción erosión del suelo	26
2.2.6 Provee nutrientes naturales	27
2.2.7 Aumento rendimientos	27
2.3 Preocupaciones y Riesgos	28
2.3.1 Metales pesados	29
2.3.2 Químicos tóxicos.....	30
2.3.3 Patógenos	30
2.3.4 Olores.....	31
2.4 Estudios realizados	31
CAPÍTULO III METODOLOGIA	44
3.1 Tratamientos.....	44
3.2 Análisis económico.....	48
3.3 Análisis de acuerdo a parámetros de crecimiento	49

CAPÍTULO IV	RESULTADOS.....	51
A. EVALUACION DE ACUERDO A PARAMETROS DE	CRECIMIENTO.....	51
4.1	Euphorbia pulcherrima	51
4.1.1	Análisis de crecimiento- Altura	51
4.1.2	Número foliar.....	58
4.1.3	Aspecto general	63
4.2	Catharanthus roseus	64
4.2.1	Análisis de crecimiento- Altura	65
4.2.2	Número foliar.....	65
4.2.3	Aspecto general	70
4.3	Gerbera jamesonii	71
4.3.1	Desarrollo foliar	71
4.3.2	Aspecto general	74
A. ESTUDIO ECONÓMICO.....		75
4.4	Euphorbia pulcherrima	76
CAPÍTULO V	CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES87
5.1	Conclusiones	87
5.2	Limitaciones.....	89
5.3	Recomendaciones.....	90
BIBLIOGRAFÍA	91
APÉNDICES	94

LISTA DE CUADROS

Cuadros		Página
Cuadro 1	Valor (dólares) en la finca de la producción local de plantas ornamentales producidas en P.R. (1960/61 / 2003/04)	4
Cuadro 2	Cuerdas dedicadas al cultivo de plantas ornamentales en P.R....	8
Cuadro 3	Parámetros de crecimiento- Altura (pulgs) Replicación A	54
Cuadro 4	Parámetros de crecimiento- Altura (pulgs) Replicación B	56
Cuadro 5	Parámetros de crecimiento- Desarrollo foliar Euphorbia pulcherrima Replicación A	59
Cuadro 6	Parámetros de crecimiento- Desarrollo foliar Euphorbia pulcherrima Replicación B	61
Cuadro 7	Número foliar Catherenthus roseus.....	65
Cuadro 8	Número foliar Gerbera jamesonii.....	72
Cuadro 9	Presupuesto Euphorbiua pulcherrima control.....	78
Cuadro 10	Presupuesto Euphorbia pulcherrima sembrada en proporción de mezcla de turba:biosólido 90:10	80
Cuadro 11	PresupuestoEsphorbia pulcherrima sembrada en proporción de mezcla de turba 25:75.....	81
Cuadro 12	Producción Euphorbia pulcherrima sembrada en proporción de mezcla de turba:biosólido 50:50.....	83
Cuadro 13	Costo por envase a diferentes proporciones de mezcla para una bala.....	84
Cuadro 14	Costo por bala para medio de cultivo a diferentes proporciones..	85
Cuadro 15	Ahorro por bala a diferentes proporciones	72

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
Figura 1	Ingreso Bruto de las Plantas Ornamentales en P.R. 1960-2004 ..3
Figura 2	Valor en el mercado de las cosechas vendidas 2002.....6
Figura 3	Distribución porcentual de las ventas de plantas ornamentales por canal de mercadeo en P.R... ..10
Figura 4	Área de descarga de material proveniente de cieno sanitario.....17
Figura 5	Sistema de biofiltros succionadores de olores.18
Figura 6	Camión mezclador.....19
Figura 7	Material proveniente de paletas de madera.19
Figura 8	Material mezclado acumulado en pilas.....21
Figura 9	Servidora... ..21
Figura 10	Biosólidos compostados acumulados en pilas y producto final empacado en bolsas.22
Figura 11	Ciclo de vida de biosólidos.23
Figura 12	Crecimiento Euphorbia pulcherrima- Replicación A.51
Figura 13	Parámetros de crecimiento de pascuas- Replicación A.53
Figura 14	Crecimiento Euphorbia pulcherrima- Replicación B.55
Figura 15	Parámetros de crecimiento de pascuas- Replicación B.57
Figura 16	Número foliar Euphorbia pulcherrima- Replicación A.58
Figura 17	Número foliar pascuas- Replicación A.....60
Figura 18	Número foliar Euphorbia pulcherrima- Replicación B.....61
Figura 19	Número foliar pascuas- Replicación B.....62
Figura 20	Parámetros de crecimiento- Altura Catharantus roseus.....65

Figura 21	Número foliar <i>Catharanthus roseus</i>	67
Figura 22	Número foliar <i>Catharanthus</i> tratada con la Mezcla 2.....	68
Figura 23	Número foliar <i>Catharanthus</i> tratada con la Mezcla 3.....	69
Figura 24	<i>Catharanthus</i> desarrollada en diferentes mezclas de biosólidos..	70
Figura 25	Número foliar <i>Gerbera</i>	73
Figura 26	Número foliar <i>Gerbera jamesonii</i>	74
Figura 27	Número foliar <i>Gerbera jamesonii</i> - Mezcla 2.	75

LISTA DE APÉNDICES

Apéndices	Página
Apéndice 1 Gastos operacionales en la producción de plantas	94
Apéndice 2 Producción pascuas tiestos de 6"- Replicación A.....	95
Apéndice 3 Pascuas sembradas en diferentes medios.....	95
Apéndice 4 Producción de Gerberas.....	96
Apéndice 5 Producción de Gerberas sembradas en Mezcla 3 y control.	96
Apéndice 6 Gerbera sembrada en la Mezcla 1 (75:25).....	97
Apéndice 7 Gerbera sembrada en la Mezcla 2 (50:50).....	97
Apéndice 8 Gerbera sembrada en la Mezcla 3 (90:10).....	98
Apéndice 9 Gerbera Control sembrada sólo en turba.	98
Apéndice 10 Producción de Gerberas sembrada en la Mezcla 1.....	99
Apéndice 11 Catharanthus en la Mezcla 1 (75:25).....	100
Apéndice 12 Catharanthus en la Mezcla 2 (50:50).....	101
Apéndice 13 Catharanthus en la Mezcla 3 (90:10).....	102
Apéndice 14 Catharanthus control.....	102
Apéndice 15 Plantas de Catharanthus en la Mezclas y control.....	103
Apéndice 16 Producción de Catharanthus.....	104
Apéndice 17 Ahorro por planta para 10,285 plantas (10:90).....	105
Apéndice 18 Ahorro por planta para 10,285 plantas (25:75).....	105
Apéndice 20 Ahorro por planta para 10,285 plantas (50:50).....	104
Apéndice 21 Fórmulas.....	104

I. INTRODUCCION

1.1 Aspectos Económicos

La agricultura es un sector económico que trabaja principalmente con la utilización de la tierra para suplir los alimentos, lo cual es una necesidad básica del ser humano (Jiménez, 1995). La agricultura no solamente es fuente de alimento, sino que también es fuente de fibras, energía y materia prima para otras industrias. Algunas de nuestras cosechas tradicionales como la caña, el tabaco y algunos farináceos han experimentado una disminución en su producción física. Entre las empresas agrícolas del país, hemos observado el crecimiento económico que ha tenido la empresa de plantas ornamentales en la década de 1990, específicamente del año 1993-94 en adelante (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2005). Algunas personas piensan que el cultivo de plantas ornamentales se ha desarrollado recientemente en Puerto Rico, ya que no se consideraba que ésta empresa aportara significativamente al Ingreso Bruto Agrícola de la Isla, sin embargo, el cultivo de estas plantas ha estado vinculado a la agricultura local desde la década de 1960 (Departamento de Agricultura de P.R., 2001).

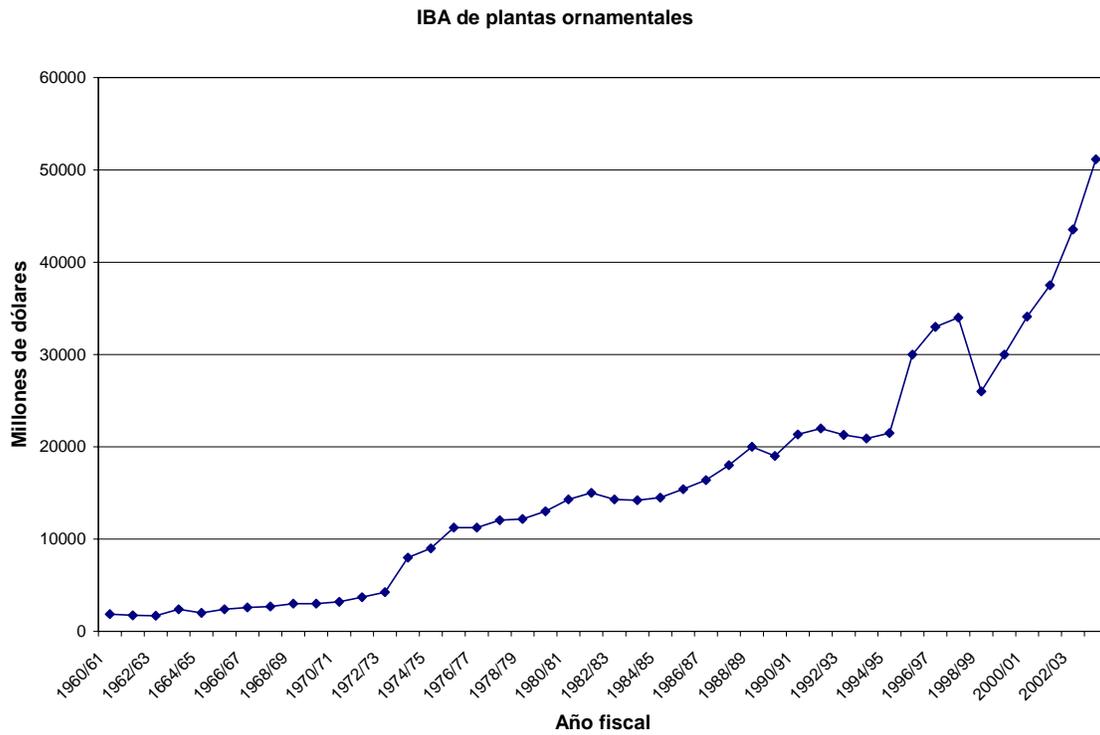
Una de las razones para el crecimiento significativo de la empresa de plantas ornamentales está relacionada con la preocupación existente por la situación ambiental en donde cada día existen menos áreas verdes para el uso y disfrute de las personas y por consiguiente ha aumentado el uso de plantas ornamentales en el desarrollo urbano. La empresa de plantas ornamentales ha

tenido un crecimiento económico significativo. Los datos locales del valor de la producción de la empresa de plantas ornamentales, reflejan que ésta ha venido aumentando de \$ 1.8 millones en 1960/61 a aproximadamente \$ 51 millones para el 2003/04 (Figura 1). En los primeros años de la década de 1990, el valor de la producción local de ornamentales se mantuvo con valores constantes, a pesar de que para el año 1998/99 se observa una disminución en la aportación del ingreso bruto de plantas ornamentales, esto debido al paso del huracán Georges. Se ha observado un crecimiento continuo en los últimos veinte años y para el año 2001 era el tercer renglón de las cosechas de mayor importancia económica, superada únicamente por las empresas de café y plátanos. (Departamento de Agricultura de P.R., 2001). Según los datos recientes del Censo Agrícola Federal del año 2002, la empresa de ornamentales se convirtió en el producto hortícola de mayor importancia.

Otra de las razones para este crecimiento está basada en que desde la década del 1980, específicamente se utiliza la terapia hortícola. La terapia hortícola es un proceso que utiliza las plantas y las actividades hortícolas para mejorar el ajuste social, educativo, psicológico y físico de personas, consolidando así el cuerpo, la mente, y el espíritu mientras que mejora su calidad de vida (Bruce, 1997).

Una serie de investigaciones han constatado que las plantas y las actividades relacionadas con ellas, si bien son beneficiosas para cualquiera, tienen efectos especialmente considerables en personas con incapacidades físicas y mentales y se ha visto que ayudan a los pacientes con enfermedades graves a recuperar su independencia, sus habilidades manuales y su calidad de vida. Las personas con problemas de comunicación aprenden a expresar sus sentimientos y a entablar relaciones intercambiando métodos de cultivo y esquejes, entre otras cosas. El doctor Benjamin Rush (1746-1813), al que llaman padre de la psiquiatría americana, declaró en su época que “excavar la tierra con las manos tiene un efecto curativo en los enfermos mentales”. Mucho antes, en 1699, Leonard Maeger, autor de *El jardinero inglés*, dijo que “no hay mejor forma para preservar la salud que pasar el tiempo libre en el jardín”. En 1879 se creó el primer invernadero para personas con enfermedades mentales. Fue construido por un centro psiquiátrico de Estados Unidos, ahora conocido como Friends Hospital. Hoy, cientos de hospitales en todo el mundo utilizan las plantas como un tratamiento complementario. Los terapeutas hortícolas también trabajan en escuelas, correccionales, centros penitenciarios, jardines botánicos públicos, residencias de la tercera edad y centros de rehabilitación, diseñando programas para mejorar el estado físico y mental, adaptados a cualquier edad y condición (López- Blanco, 2000).

Figura 1. Ingreso Bruto de las plantas ornamentales en Puerto Rico, 1960-2004



Fuente: Departamento de Agricultura. Compendio Estadístico 2005. Estadísticas Agrícolas.

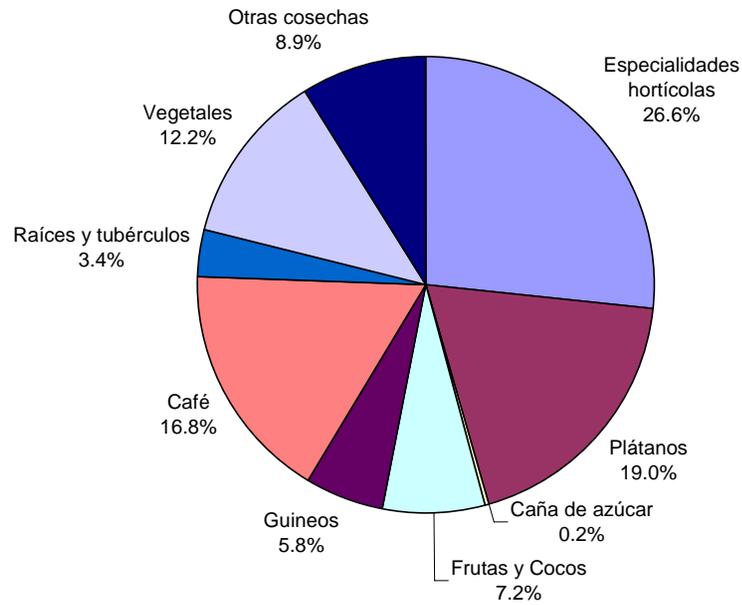
Cuadro 1 Valor (dólares) en la finca de la producción local de plantas ornamentales producidas en Puerto Rico, (1960-61/2003-2004).

Año	Valor (\$'000)
1960/61	1867
1961/62	1738
1962/63	1703
1963/64	2389
1664/65	2000
1965/66	2400
1966/67	2600
1967/68	2700
1968/69	3000
1969/70	3000
1970/71	3200
1971/72	3700
1972/73	4260
1973/74	8000
1974/75	9000
1975/76	11250
1976/77	11250
1977/78	12049
1978/79	12182
1979/80	13022
1980/81	14300
1981/82	15015
1982/83	14300
1983/84	14200
1984/85	14500
1985/86	15400
1986/87	16400
1987/88	18000
1988/89	20000
1989/90	19000
1990/91	21330
1991/92	22000
1992/93	21300
1993/94	20900
1994/95	21500
1995/96	30000
1996/97	33000
1997/98	34000
1998/99	26000
1999/00	30000
2000/01	34100
2001/02	37500
2002/03	43553
<u>2003/04</u>	<u>51147</u>

Fuente: Departamento de Agricultura de Puerto Rico. OEA. Compendio Estadístico 2005.

Según indica la Figura 2, el valor en el mercado de las cosechas vendidas para el año 2002 según los datos del Censo Agrícola para este mismo año, es dominado por las especialidades hortícolas. Dentro de este renglón se incluyen plantas florecedoras en tiestos, flores de corte, orquídeas, césped, palmas y pascuas, entre otras plantas ornamentales. Para este año, estas plantas tuvieron un 26.6% del valor en el mercado, lo que representa \$ 66.5 millones de dólares, un crecimiento de 68% en comparación con las ventas registradas en el Censo Agrícola del año 1998. Este resultado fue seguido de los plátanos con 19.0% del valor en el mercado de las cosechas vendidas, lo que representa \$47.4 millones de dólares y el café que era el cultivo por excelencia que mayor aportación económica hacía al IBA, ocupa en esta ocasión el tercer lugar con 16.8%; lo que representa \$42 millones de dólares. Es en este año 2002 la primera ocasión en que una empresa dentro de la horticultura que no sea el café, ni los plátanos ocupa la primera posición en el valor de ventas en el mercado.

Figura 2. Valor en el mercado de las cosechas vendidas: 2002
Total: \$250, 429,402



Fuente: Censo Federal Agrícola 2002. National Agriculture Statistics Service

El área total dedicada al cultivo de plantas ornamentales para el año 2000-01 fue 1,929.3 cuerdas (Cuadro 2). Esta cifra refleja un aumento de 294.6 cuerdas (18.0%) al compararla con las cuerdas dedicadas en el año anterior. De las 1,929.3 cuerdas dedicadas, 414.54 se sembraron de follaje decorativo, 997.21 de césped, 51.55 de flores de corte, 347.97 de árboles y palmas y 118.05 de plantas florecedoras. Al comparar estas cifras con las del año 1999-2000, observamos un aumento de 9.59 (2.4%) en las cuerdas dedicadas a follaje decorativo, uno de 167.2 (20.1%) en las cuerdas dedicadas a césped, uno de 1.0 (1.97%) en las cuerdas dedicadas a flores de corte, un aumento de 107.25 (44.6%) en las cuerdas dedicadas a árboles y palmas y de 9.47 (8.72%) en las cuerdas dedicadas a plantas florecedoras. (Compendio Estadístico, 2001).

Cuadro 2 Cuerdas dedicadas el cultivo de plantas ornamentales en Puerto Rico

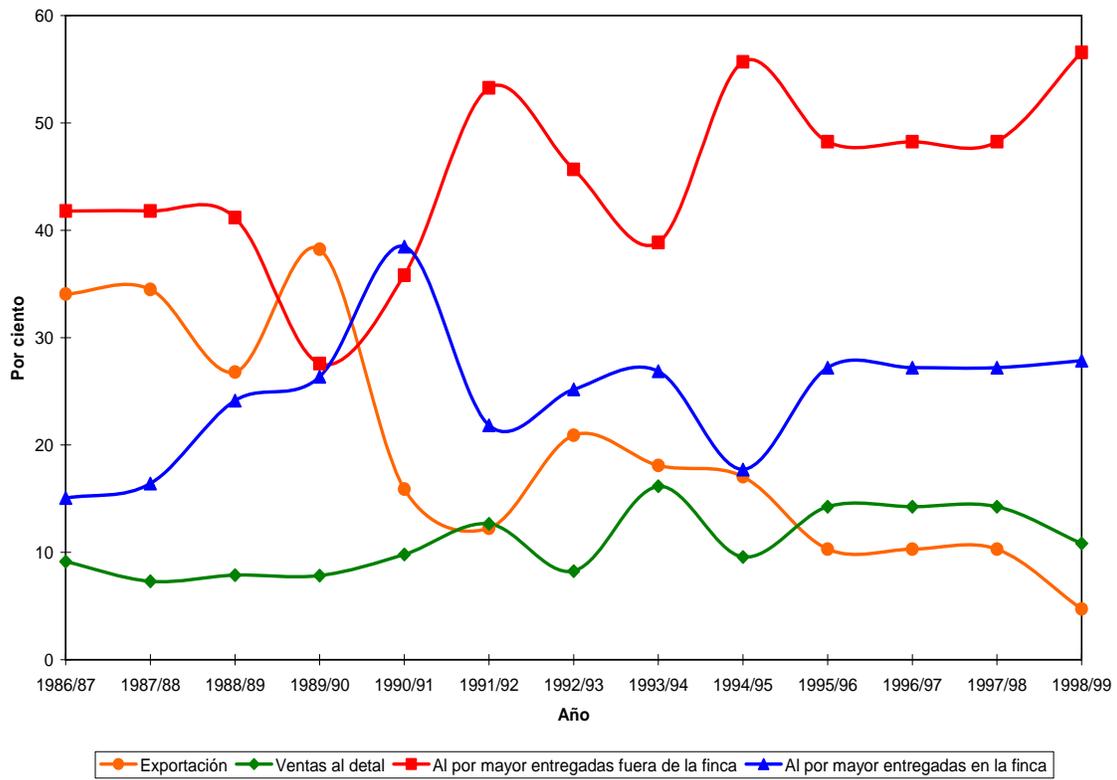
Año	Follaje decorativo	Césped	Flores de corte	Arboles y palmas	Florecedoras	Total
1986/1987	680.53	184.72	27.45	2.00	-	894.70
1987/1988	706.14	219.55	5.39	-	-	931.08
1988/1989	612.81	239	18.00	67.87	20.85	958.53
1989/1990	517.28	287.10	16.11	44.05	29.62	894.16
1990/1991	427.01	317.80	4.85	78.05	52.90	880.61
1991/1992	349.32	265.25	12.25	60.92	47.86	735.60
1992/1993	232.20	366.9	8.25	59.04	63.62	730.01
1993/1994	235.30	354.5	11.00	143.46	66.84	811.10
1994/1995	198.41	345.65	7.40	169.66	83.65	804.77
1995/1996	205.67	475.00	17.00	126.88	74.84	899.39
1996/1997 ¹	-	-	-	-	-	-
1997/1998	261.53	592.28	30.55	242.57	144.97	1,271.9
1998/1999	228.93	692.28	32.64	283.75	216.03	1,453.6
1999/2000	404.95	829.99	50.55	240.72	108.58	1,634.7
2000/2001	414.54	997.21	51.55	347.97	118.05	1,929.3

Fuente: Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Compendio Estadístico 2001. Encuesta de Ornamentales. Oficina de Estadísticas Agrícolas.

¹ Durante este año no se realizó esta encuesta, por lo que no hay datos disponibles.

Las condiciones climatológicas favorables que tiene Puerto Rico para el cultivo de plantas ornamentales, junto con la adaptabilidad de esta empresa a zonas geográficas montañosas, ha sido un factor determinante en el desarrollo de este cultivo en esta zona. Las plantas ornamentales producidas en Puerto Rico se distribuyen a través de cuatro canales de mercadeo: exportación, ventas al detal, al por mayor entregadas fuera de la finca y al por mayor entregadas en la finca (Mendoza, 2000). Para el año 1998-99, el 4.72% de la producción total de ornamentales se destinó a la exportación, el 10.83% se vendió al detal, el 56.58% se vendió al por mayor entregadas fuera de la finca y el 27.85% se vendió al por mayor entregadas en la finca. Al comparar estos porcentajes con los del año anterior 1997-98 podemos observar que varió la distribución porcentual por canal de mercadeo. Mendoza (2000), indicó que para este año 1997-98, el 10.30% se exportó, el 14.25% se vendió al detal, el 48.25% se vendió al por mayor entregadas fuera de la finca y el 27.20% se vendió al por mayor entregadas en la finca. Para ambos años el canal de mercadeo más utilizado fue el de ventas al por mayor entregadas fuera de la finca. Al comparar la distribución porcentual para los dos años en que la encuesta está actualizada (1994-95 y 1995-96) se refleja una disminución en las exportaciones, una disminución en las ventas al detal, un aumento en las ventas al por mayor entregadas fuera de la finca y un aumento en las ventas al por mayor entregadas en la finca (Figura 2).

Figura 3. Distribución porcentual de las ventas de plantas ornamentales por canal de mercadeo en Puerto Rico



Fuente: Compendio Estadístico 2001. Oficina de Estadísticas Agrícolas
Departamento de Agricultura de P.R.

1.2 Naturaleza e importancia del problema

El medio de cultivo principal utilizado actualmente en la producción comercial de plantas ornamentales en el mundo entero es la turba o musgo esfagníneo. La turba se compone de residuos de plantas y animales, parcialmente descompuestos, que se han acumulado en un ambiente saturado de agua y con poco oxígeno. La descomposición parcial de los residuos, da paso a la humificación. En un ambiente de formación normal de suelos, la humificación transforma los residuos orgánicos en humus, sin embargo, en un ambiente saturado de agua, como en un pantano, que es pobre en nutrientes y oxígeno, los residuos orgánicos se transforman en turba. Los depósitos consisten de una mezcla de residuos orgánicos, que reflejan los tipos de plantas que crecen en ese pantano y están formados por musgos, juncos, arbustos y madera, entre otros. En realidad el musgo es el mayor constituyente de la turba producida en Nueva Escocia, Canadá (Anderson, 1993).

La mayoría de los lugares de donde se obtiene el musgo es de pantanos, los cuales están localizados en la provincia de Nueva Escocia y se extienden ampliamente por Canadá. En general, estos depósitos han estado formándose desde el período glacial pasado (hace cerca de 11,000-13,000 años), acumulándose en un índice de aproximadamente 30 centímetros por cada mil años (Anderson, 1993).

En el pasado, los pantanos en Norte América eran considerados vertederos, sin embargo, desde 1945 en adelante, se ha desarrollado una industria de musgo sustancial, particularmente en Québec, New Brunswick,

Maine y Nueva Escocia. Aproximadamente 90 por ciento de la exportación de la turba de Canadá es hacia los Estados Unidos, seguido por Europa y Japón. Es de interés particular el potencial del musgo en los mercados de ultramar. Por ejemplo, el crecimiento reciente en el consumo japonés ha dado lugar a un aumento de 20-30% en la demanda para la turba de alto grado de Canadá. De igual forma, el agotamiento del recurso de la turba en Europa (particularmente los Países Bajos y Alemania) está generando interés en la turba de América del Norte, que puede resultar en un mercado de valor para el musgo de Nueva Escocia en el futuro.

La mayor parte de la producción de la turba del mundo se utiliza para propósitos hortícolas, como enmienda del suelo y como medio de cultivo. Se utiliza sobre todo en las siguientes formas: como materia prima, en mezclas de turba-suelo, y como mezclas con material compostado (Anderson, 1993). A diferencia de las mezclas de suelo utilizado para la siembra de plantas, que pueden contener semillas de maleza, variaciones en textura y calidad o contenido de microorganismos patógenos, la turba es un material inerte con una calidad y textura consistente. La turba es un recurso costoso, no renovable fácilmente y no reusable. Existe preocupación por este recurso debido a la destrucción que ocurre a gran escala en el momento de extraer el musgo de su hábitaculo natural (Anderson, 1993).

Para satisfacer las preocupaciones ambientales existentes y encontrar alternativas económicas viables para los agricultores de ornamentales que utilizan el musgo esfagníneo como medio de cultivo, se debe estudiar

alternativas al uso de la turba en la industria de plantas ornamentales que sean competitivas, económicamente viables y amigables con el ambiente. Es por estas razones que un análisis económico es de importancia para determinar los costos en que incurre un agricultor utilizando el musgo esfagníneo como medio de cultivo y los costos en que incurriría al utilizar un medio de cultivo alterno.

El uso de métodos alternos como medio de cultivo tales como composta generada de desperdicios sólidos municipales (BMC), gallinaza y desperdicios de jardín ha creado un interés en la industria de plantas ornamentales debido al alto costo de producción que implica la siembra de plantas en tiestos, utilizando turba. Algunas de las ventajas de la utilización de biosólidos municipales compostados (BMC) son: disminución en el nivel de contaminación del agua de la superficie y subterránea, disminuye la destrucción de pantanos naturales y la producción de un medio de cultivo o enmienda de medio de cultivo que sea costo beneficioso para la producción de plantas en vivero a nivel comercial (Librán et al., 2000 b.)

La gallinaza y BMC pueden contribuir a la contaminación de recursos de agua si no se manejan adecuadamente. Debido a los aumentos de amoníaco, nutrientes y patógenos, estas biomasas pueden dañar los recursos de agua, incluyendo cuerpos de agua completos y sistemas de agua subterránea. (Inbar et al., 1993). Por otro lado, existe la necesidad y la preocupación de reducir la tasa de aplicación de fertilizantes para reducir costos de producción y cantidad de fertilizantes lixiviados en el ambiente (Librán et al., 2000 a.) Es necesario realizar investigaciones para encontrar alternativas que reduzcan las tasas de

aplicación de fertilizantes, debido a que el nitrógeno en la forma de nitrato está sujeto a perderse por lixiviación.

El nitrato ha sido identificado como un contaminante de las reservas de agua. Tomar agua contaminada con nitrato en cantidades mayores de 10mg/l es considerado peligroso para los seres humanos (Molfese, 1993). Aunque se han realizado investigaciones en Estados Unidos y Puerto Rico en BMC, gallinaza y otros medios orgánicos, no se ha reportado nada en el uso de éstos como medio de crecimiento para la producción comercial de plantas ornamentales. Poco ha sido reportado sobre el manejo de nutrimentos en el crecimiento de plantas ornamentales crecidas en BMC (Ku et al; 1998).

1.3 Objetivos del Estudio

1.3.1 Objetivo principal

Estimar los costos de producción para medios orgánicos alternos y comparar costos del medio de cultivo utilizado en la producción de plantas ornamentales tropicales como: *Euphorbia pulcherrima*, *Catharanthus roseus* y *Gerbera jamesonii* producidas en tiestos.

1.3.2 Objetivo secundario

- Determinar una mezcla de medio de cultivo orgánico utilizando biosólidos municipales compostados que sea económicamente viable, y que pueda utilizarse como sustituto o como enmienda a las mezclas comerciales.

II. REVISION DE LITERATURA

Los biosólidos se definen como el residuo de los materiales removidos de las aguas residuales que tiene una textura parecida al suelo, durante el proceso de tratamiento en las plantas. El agua que se descarga de los fregaderos, inodoros y en los negocios que van todo al alcantarillado, se convierte en aguas residuales. Durante el proceso de tratamiento se separa y procesa los líquidos con los sólidos, antes de devolverlos al medio ambiente. Las bacterias y otros organismos minúsculos descomponen las aguas residuales en materia orgánica más simple e inofensivo al medio ambiente. La materia orgánica combinada con masas de células bacterianas se acomoda para formar biosólidos. Debido a que el tratamiento de aguas residuales destruye organismos que pueden causar enfermedades que pueden estar contenidos en las mismas, se protege la salud pública y se conserva la calidad del agua; previniendo la contaminación de lagos, ríos y océanos (TAGRO, 2005).

Antes de convertirse en biosólidos, las aguas residuales deben pasar por un proceso de pre tratamiento. La Ley de Aguas Limpias de 1972 según enmendada y aprobada por el Congreso de los Estados Unidos y administrada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA², por sus siglas en inglés, la misma requiere que todos los municipios e industrias deben instituir controles de calidad para la disposición de las aguas residuales descargadas. El pre tratamiento utilizado ha mejorado significativamente la

² United States Environmental Protection Agency. La agencia federal asignada a administrar el Clean Water Act y otros programas ambientales.

calidad de las aguas recicladas y los biosólidos. Una vez que las aguas residuales llegan a las facilidades de tratamiento, una máquina remueve materiales pedregosos y pedazos de madera, entre otros.

Las aguas residuales fluyen entonces lentamente a través de tanques largos de sedimentación, donde la gravedad separa físicamente los sólidos de los líquidos. En un tratamiento secundario los líquidos van a través de aereación a donde la acción biológica de microorganismos beneficiosos remueve materia orgánica adicional. De aquí, el proceso final desinfecta el agua ya limpia, la cual está ahora lista para ser devuelta a los cuerpos de agua.

En el proceso dual de separación de sólidos y líquidos, se cocinan o calientan los biosólidos a altas temperaturas para matar organismos patógenos y hacer el producto final seguro para uso posterior. El proceso de estabilización biológica destruye los patógenos que están contenidos en los sólidos y reduce los olores. Estos sólidos estabilizados es lo que se conoce como biosólidos y son mayormente materia orgánica, rica en nutrimentos esenciales para las plantas.

2.1 Procesamiento de Biosólidos

En Puerto Rico al presente los desperdicios vegetales y de jardinería, así como la mayoría de los cienos generados en las plantas de tratamiento de Aguas Usadas de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) son depositados en los sistemas de Relleno Sanitario de la región geográfica a la que pertenezca, reduciendo así la vida útil o la capacidad receptora de éstos.

La Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS), Región de Arecibo tiene a su cargo la producción de composta proveniente de biosólidos (ADS, 2004). La instalación utiliza una tecnología demostrada en distintas partes del mundo y la producción se realiza a través de un proceso controlado utilizando aire en el cual los organismos presentes en dichos desperdicios convierten esta materia prima en un suplemento de terrenos con utilidad para la agricultura. La planta en cuestión provee servicios de manufactura de composta en los pueblos que componen la Región de Arecibo. La producción controlada de este suplemento de terreno tendrá el potencial de reducir y ser sustituto de alta calidad para el “top soil” o capa vegetal utilizada en la jardinería paisajista y la agricultura. (ADS, 2004). En el proceso, se recibe cieno sanitario de diferentes pueblos, incluyendo Mayagüez (Figura 4).

Figura 4- Área de descarga de material proveniente de cieno sanitario



Una vez que el material es recibido y transportado a través de un sistema de rieles, es descargado en un área en donde hay tres biofiltros que succionan los malos olores. (Figura 5). Este sistema de filtros consiste de unos abanicos

gigantes que hacen efecto de succión e impulsan el aire hacia arriba y hacen que el material libere los olores ofensivos y es en este momento en donde el material tiene el olor más fuerte, ya que es material crudo acabado de recibir de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura 5- Sistema de biofiltros succionadores de olores



Luego de pasar horas en este sistema de filtros, el material pasa al camión mezclador, el cual tiene un sistema de balanzas el cual indica cuantas libras de material se está echando de la mezcla para compostar. (Figura 6).

Figura 6- Camión mezclador



En este caso, el material que se utiliza para preparar la composta en esta planta es biosólidos municipales compostados y mezclado de residuos de paletas. (Figura 7). Al camión entonces se le echa el material que ha pasado por el filtro, el cual puede ser aproximadamente 4000 libras de material de cieno en cada tanda y el camión indica cuando ya tiene esta cantidad de material para que se eche la cantidad restante del material de paletas de madera y procede a mezclarlo, asegurando de esta manera que cada pila de material mezclado tiene la misma proporción de biosólidos / madera que la pila anterior.

Figura 7- Material proveniente de paletas de madera



En la máquina utilizada para triturar el material de paletas de madera, se echan las paletas completas y la máquina separa los clavos o cualquier otro material que esté adherido a la superficie de las paletas del material que va a triturar y es acumulado en pilas para echar en el camión mezclador junto con el cieno filtrado. Una vez que se mezclan los componentes a utilizarse en la preparación de composta de biosólidos, se acumula en montículos para secarse (Figura 8). Debajo de cada montículo hay canales de aireación positivos y negativos. Cada pila tiene tres termómetros de temperatura ubicados al frente, atrás y al centro de la pila. El calor propio de la materia hace que las pilas emanen humo.

Para cumplir con los requisitos de la EPA, específicamente con la Ley 503 del año 1985, estas pilas deben tener sobre 55° C en adelante de temperatura, para eliminar así los organismos patógenos. Específicamente debe estar 3 días consecutivos sobre 55° y catorce días consecutivos sobre 40° C para matar vectores. Los termómetros están conectados a un sistema en un cuarto donde se monitorea constantemente la temperatura. El proceso toma aproximadamente 21 días, cuando se nota que la temperatura comienza a descender, se procede a romper las pilas con un tractor pequeño y se lleva a la servidora.

Figura 8- Material mezclado acumulado en pilas



En la servidora, (Figura 9) toda la madera que se encuentre en la pila de más de dos pulgadas es rechazada y se acumula de nuevo para ser triturada nuevamente. La madera se utiliza como agente abultador para añadir porosidad a la mezcla. La composta pasa a través de la servidora y está allí 30 días más.

Una vez sale de la servidora, se le echa un poco más de madera por encima a la pila.

Figura 9- Servidora



Se le hace pruebas de nutrimentos al material compostado y pruebas de N,P,K y salinidad cada 90 días. También se realizan pruebas de metales pesados, pH, materia orgánica, Salmonella y coliformes al final de cada año. Las pruebas han resultado satisfactorias en su desempeño y cumple con los requisitos de calidad de la Junta de Calidad Ambiental (JCA), en el permiso de operación otorgado a dicha planta, así como los requisitos establecidos por la EPA para estas instalaciones. La conversión de los desperdicios de jardinería y cienes sanitarios de la planta de composta se espera que reduzca en 30% los costos de disposición para dichos productos de los municipios participantes estimados en más de \$ 4,400 dólares diarios.

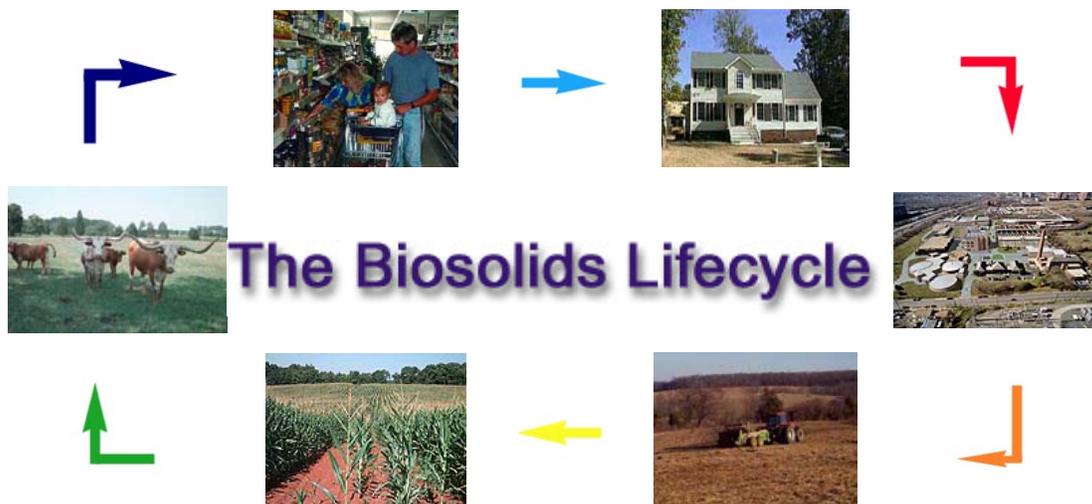
Figura 10- Biosólidos compostados acumulados en pilas y el producto final empacado en bolsas



2.2 Beneficios

La aplicación de biosólidos en terrenos agrícolas es beneficiosa para los agricultores, municipios y comunidades. Los agricultores reciben beneficios de los nutrientes y materia orgánica que es suplida por los biosólidos. La aplicación ofrece a los municipios una alternativa segura, costo efectiva y ambientalmente amigable como alternativa para el manejo de sus desperdicios residuales. Las comunidades se benefician a través de los ahorros en los costos y energía empleada por los agricultores y sus municipalidades (Figura 11)

Figura 11- Ciclo de vida de Biosólidos



2.2.1 Reciclaje

La EPA promueve la aplicación de biosólidos al suelo como método de reciclaje seguro. Los municipios pueden incinerar o enterrar los desperdicios biosólidos, las cuales son prácticas costosas y ambientalmente cuestionables; o procesar esta materia para utilización en fincas, bosques y jardines. La aplicación de biosólidos al terreno puede mejorar las condiciones del área y

ayudar al medio ambiente. Aproximadamente 50% de los biosólidos producidos en el estado de Virginia se reciclan a través de aplicación del suelo. (Virginia Department of Health, 1999).

2.2.2 Reducción de costos

Para muchos norteamericanos, la aplicación de biosólidos al suelo resulta beneficiosa, ya que la reutilización y el reciclaje no sólo le ahorran al gobierno local y estatal cantidades significativas de dinero a través de la reducción de costos en la disposición de desperdicios y venta de productos derivados de biosólidos, sino que añade nutrimentos y características positivas al suelo agrícola. Las tasas de generación de biosólidos nacional en los Estados Unidos son estimadas cuarenta y siete libras secas per capita anualmente. Más de dos billones de dólares son gastados anualmente en el tratamiento y manejo de aproximadamente 5.3 millones de toneladas métricas secas en plantas de tratamiento públicas en los Estados Unidos. Ya que la aplicación de biosólidos al suelo es considerablemente menos costosa que la próxima mejor alternativa de manejo de aguas residuales, se realizan ahorros significativos y pasados a su vez al consumidor a través de facturas reducidas en servicios públicos, como agua y alcantarillados. Los agricultores pueden ahorrar hasta \$150 dólares por acre cuando aplican biosólidos a sus terrenos. (Virginia Department of Health, 1999).

La aplicación al suelo de biosólidos ha ganado popularidad y se ha dispersado ampliamente a través de la comunidad ambiental y científica. Debido a que los biosólidos proveen nutrimentos en forma orgánica, son utilizados para las cosechas y no se pierden en riachuelos y aguas subterráneas. Por tanto, esta aplicación reduce la contaminación que es a menudo causada por los métodos tradicionales de fertilización. La materia orgánica obtenida le da estructura al suelo para reducir la erosión e incrementa el crecimiento vegetativo. Reduciendo la contaminación y aumentando la productividad del suelo, la práctica de aplicación al suelo mejora el medio ambiente circundante.

2.2.3 Protege la calidad del agua

La EPA estima diariamente 1.2 trillones de galones de agua contaminada que se filtra en el suelo de los Estados Unidos proveniente de tanques sépticos, rellenamiento de terrenos, campos agrícolas, bosques y pozos abandonados. La contaminación de muchas de estas fuentes es causada por la falta de controles y restricciones para proteger áreas ambientalmente sensibles. El programa de utilización de biosólidos restringe la cantidad y localización en donde estos pueden ser aplicados, para así proteger estas áreas y prevenir la contaminación subterránea. En el estado de Virginia, el agua de escorrentías es la mayor causa del daño causado a los ríos y riachuelos. Estudios que se han realizado en fincas en Virginia han mostrado que aquellos campos aplicados con biosólidos tienen menos escorrentía de nutrientes y contaminantes que aquellos donde se aplicó fertilizantes comerciales y estiércol (Virginia Department of Health, 1999).

2.2.4 Realce de construcción de jardines

Los biosólidos vendidos en las tiendas pueden ser utilizados en los hogares, áreas verdes públicas y jardines para proveer nutrimentos y materia orgánica. Pueden ser utilizados en campos de golf, parques públicos y áreas recreativas. Uno de los mejores ejemplos son las áreas verdes en la Casa Blanca en Washington D.C., en donde se usa la aplicación de biosólidos para el césped (Virginia Department of Health, 1999).

2.2.5 Reduce erosión del suelo

Muchas fincas pueden perder tanto como 10 toneladas de topsoil por acre por año como resultado de cosechar continuamente. Esta pérdida equivale a una reducción en la cosecha equivalente a remover alrededor de 1% del terreno disponible para cultivo en el mundo cada año. En adición, la erosión del suelo y la escorrentía de los campos agrícolas son la mayor causa de contaminación de agua en los Estados Unidos. La materia orgánica es el factor más significativo dando al suelo una textura esponjosa que le hace retener agua y nutrimentos, previniendo así que se escape y cause erosión. Por tanto, la aplicación al suelo de biosólidos previene la erosión porque consiste mayormente de materia orgánica, la cual entre otras cosas estabiliza y retiene las partículas de agua y suelo juntas (lo cual reduce la erosión), mejora la habilidad del suelo de almacenar y transmitir agua y aire y almacena y provee nutrimentos necesarios para el crecimiento de las plantas y organismos del suelo como nitrógeno, fósforo y azufre (Virginia Department of Health, 1999).

2.2.6 Provee nutrimentos naturales

Los nutrimentos principales que los biosólidos proveen a las cosechas son nitrógeno y fósforo con una cantidad pequeña de potasio. También proveen micronutrientes esenciales que incluyen: cobre, boro, molibdeno, hierro y zinc. El nitrógeno comercial está disponible inmediatamente que se aplica a la planta, así todo lo que la planta no utilice es llevado por escorrentía al subsuelo. Esto es causa de altos niveles de nitratos en suelos de siembra, lo cual puede ser fatal. Los biosólidos proveen una forma orgánica de nitrógeno, el cual libera nitrato más acorde con la necesidad de la planta, reduciendo y eliminando de esta forma la contaminación potencial al agua.

También la cantidad de nitrógeno ofrecido por los biosólidos se limita a la respuesta del cultivo a éste, así la sobre aplicación no ocurre. Los micronutrientes son retenidos en la parte superior del suelo, por la cantidad de materia orgánica que contienen, de esta forma les permite estar disponibles para los cultivos y no son arrastrados por el agua de escorrentía (Virginia Department of Health, 1999).

2.2.7 Aumenta rendimientos

La utilización de biosólidos a menudo aumenta el rendimiento en las cosechas, especialmente en suelos severamente erosionados y arenosos. (Virginia Department of Health, 1999). El Instituto Politécnico de Virginia y la Universidad Estatal del Estado de Virginia condujo estudios con agricultores que

debido al tipo de suelo y la superficialidad del mismo, su mejor rendimiento era de alrededor de 40 bushels³ por acre.

Después de sufrir una de las temporadas más secas, el suelo tuvo un rendimiento de alrededor de 55 bushels por acre, un hecho atribuido directamente a la aplicación de biosólidos. También se han realizados estudios en terrenos a través del estado de Virginia para recolectar información en rendimientos de cosechas utilizando biosólidos como enmienda al suelo en comparación con fertilizantes comerciales; los cuales han dado resultados consistentes y demostrado que las cosechas que han recibido biosólidos han sido más productivas que aquellas que reciben fertilizantes comerciales.

2.3 Preocupaciones y Riesgos

A pesar de contar en Estados Unidos con 30 años de investigaciones que han mostrado que la aplicación de biosólidos cuando es aplicado de acuerdo a lo indicado es seguro, existe aún preocupación en cuanto a contaminación de suelo y agua subterránea por metales pesados, químicos tóxicos y patógenos (organismos con el potencial de causar enfermedades perjudiciales).

En respuesta a estas preocupaciones, la EPA condujo un análisis comprensivo de evaluación de riesgos que evaluó el riesgo a la salud de la población en general así como para individuos que estuviesen en contacto directo con cantidades altas de biosólidos en aplicación de suelos durante su vida. Hasta ahora, en donde el programa de aplicación de biosólidos cumple con los requisitos federales y estatales no existen casos negativos documentados.

³ Se refiere a una cantidad de pies cúbicos para determinar volumen en áreas donde no se puede determinar de otra forma. Técnicamente el volumen de un bushel es 1.25 p³.

Finalmente, los olores asociados con la aplicación al suelo de biosólidos son considerados más una molestia que un problema de salud. (Virginia Department of Health, 1999).

2.3.1 Metales pesados

Históricamente, las industrias han dispuesto de sus desperdicios líquidos en el sistema sanitario de alcantarillados. Como consecuencia, las ciudades altamente industrializadas y lugares con ciertas actividades industriales como fábricas de metales, producen aguas residuales con altas concentraciones de metales. Sin embargo desde la década de 1970, los requerimientos en el pretratamiento han sido establecidos e implementados para requerirle a esas instalaciones el reducir o remover los componentes de metales antes de los desperdicios entrar en el sistema sanitario.

Esto ha resultado en niveles reducidos significativamente de metales pesados en biosólidos. Los estudios conducidos entre los años 1970 y 1980 en Estados Unidos por la EPA, han reflejado que el nivel promedio de plomo se redujo de 969 mg/kg a 134 mg/kg. Los niveles de níquel se redujeron de 135.1 mg/kg a 42 mg/kg y los niveles de cadmio de 69 mg/kg a 7 mg/kg (Virginia Department of Health, 1999).

2.3.2 Químicos tóxicos

Algunos químicos tóxicos que no son volátiles, ni se descomponen durante el tratamiento pueden concentrarse en los biosólidos. Los residuos de químicos han declinado en los pasados 20 años. Por ejemplo, el benceno fue detectado en el 93% de las muestras de biosólidos tomadas en un estudio conducido en el año 1970, pero sólo en el 3% de las muestras tomadas en el 1980. La detección de pesticidas persistentes como clordano, dieldrin, heptaclor y hexachlorobenzeno fueron detectados en el 16% en las muestras de 1970, pero en ninguna de las muestras de 1980. Estos resultados son debido al pretratamiento y prohibiciones químicas, entre otros. Al desarrollar las regulaciones actuales de la EPA, se consideraron alrededor de 200 compuestos orgánicos tóxicos. Después de realizar estudios continuos y extensivos de análisis de riesgos en 31 de estos compuestos que fueron identificados como los más preocupantes, la agencia concluyó que estos aparecían tan raramente, o en concentraciones tan bajas que no requerían regulaciones al no representar riesgo alguno para la salud y el medio ambiente (Virginia Department of Health, 1999).

2.3.3 Patógenos

Una de las preocupaciones mayores relacionadas con la aplicación de biosólidos de las aguas residuales es el efecto de los patógenos en humanos y animales. Las aguas residuales municipales contienen cuatro tipos de patógenos humanos principales: bacterias, virus, protozoarios y helminthes (gusanos

parasíticos). La exposición potencial se reduce con el tiempo según condiciones ambientales como luz solar, calor, deshidratación y otros microorganismos que destruyen los patógenos están presentes en los biosólidos (Virginia Department of Health, 1999).

2.3.4 Olores

Muchos de los olores asociados con los biosólidos se reducen durante el proceso de tratamiento. Según la materia orgánica se descompone, los olores se liberan. Este es el caso con los biosólidos, que al igual que el estiércol libera olores particulares. Los biosólidos estabilizados tienen un ligero olor a amonía. Los biosólidos ya procesados tienen un olor más orgánico, en muchos casos el mismo se disipa después de varios días, similar al estiércol de animales (Virginia Department of Health, 1999).

2.4 Estudios Realizados en producción de ornamentales

La industria de viveros ha utilizado los biosólidos compostados de forma beneficiosa desde la década de los años 70 (Hoitink, 1994). Cuando este producto se hizo disponible por primera vez, se incorporaba al medio de cultivo tradicional en proporciones excesivamente elevadas de 20% a 60%. Muchas de las especies de plantas producidas en estas mezclas respondieron bien (Logan et al., 1984). Sin embargo, muchas de las especies sufrieron de daños producidos por “quemaduras por exceso de sal” (Hoitink y Maronek, 1986), lo cual es un resultado directo de altas concentraciones de nutrientes liberados por

biosólidos compostados. Enfermedades estimuladas por altas concentraciones de nitrógeno también aumentaron en estas plantas. Sin embargo, pudriciones de raíz como el *Rhizoctonia* y el *Pythium* fueron suprimidos en mezclas de cultivo en donde se enmendaron con biosólidos compostados. (Kuter et al., 1988). Durante los años 1994 al 1996 la utilización de biosólidos en los medios usados en los viveros fue revisada. Esto fue hecho a través de una serie de pruebas demostrativas a varios productores de Ohio con diferentes especies de plantas, las cuales tenían necesidades que variaban por planta en cuanto a fertilización y susceptibilidad a pudrición de raíz. La mezcla de cultivo utilizada para este experimento fue biosólidos compostados (Technagro™), producida en las instalaciones de preparación de composta en la ciudad de Akron y fue recibida de Kurtz Bros., Inc., en Independence, Ohio. Tres diferentes mezclas en diferentes proporciones fueron probadas con diferentes productores y comparada con la mezcla estándar de cultivo utilizada por ellos. Las plantas se transplantaron a envases de dos galones en mayo de 1995, se les proveyó el riego necesario y fertilizadas según la necesidad del cultivo, excepto que el fertilizante no se le añadió hasta cuatro semanas después de sembradas en tiesto. La comercialidad, el crecimiento de planta y la severidad de daño o pudrición de la raíz para cada cultivo fueron monitoreados por diecisiete meses después de sembrada en el tiesto (Rose, et., al 1996).

En todos los lugares donde se llevó a cabo el experimento, la mayoría de las plantas producidas en las mezclas de Technagro™ crecieron

significativamente más rápidas que las plantas sembradas con la mezcla de los productores e identificadas como control. Por otro lado, se encontró que entre las plantas sembradas, las azaleas producidas con la mezcla de biosólidos respondieron bien. No se observó muerte o “quemazón de invierno” por ningún productor que las cultivara en la mezcla al 20%, aún estando en invierno. Sin embargo, durante Agosto de 1996, la presencia de *Pythium* fue evidente en las últimas dos pulgadas de los envases, en las azaleas sembradas a esta misma proporción de biosólidos. Las azaleas sembradas al 10% y 15% de la mezcla estuvieron libres de problemas en sus raíces durante todo el tiempo. Otras plantas como *Cornus alba* 'Elegantissima,' *Ligustrum x vicaryi* 'Golden Privet,' and *Spiraea x bumalda* 'Gold Flame' también respondieron positivamente a todas las proporciones de mezclas de biosólidos utilizadas. Para noviembre de 1995, al final de cumplimiento de la primera etapa de crecimiento, un número significativo de plantas de cada uno de estos cultivos era mercadeable, o sea, que reunía todas las características esperadas de altura, apariencia y desarrollo foliar para estas plantas en condiciones de siembra normal para que puedan ir al mercado. Un año después, para agosto 1996, la mayoría de las mismas eran de tamaño mejor que óptimo para cultivos sembrados en tiestos de dos galones. *Juniperus conferta* 'Blue Pacific' fue otra de las plantas que respondieron bien en todas las proporciones de la mezcla de biosólidos, aunque moderado y severo daño a la raíz fue observado en plantas con un 15% y 20% de biosólidos al final de la temporada de crecimiento de la planta en 1995. El daño a la raíz causado por pudrición resultante en la mezcla de 10% de biosólidos fue bastante

leve y no se diferenci6 del resultado obtenido en este aspecto con la mezcla original o control del agricultor, la cual estaba compuesta de corteza de pino madura, corteza compostada de madera, turba y arena. Durante la temporada de primavera de 1996, la cual es la temporada de segunda etapa de crecimiento, las ra6ces de este cultivo en todas las mezclas estaban libres de pudrici6n. En resumen, el da6o de *Pythium* fue observado en *Juniperus conferta* 'Blue Pacific' durante los primeros seis meses despu6s de sembradas en la mezcla de 20% particularmente y las plantas se recuperaron despu6s (Rose, et.,al 1996).

Las plantas "Blue hollies" respondieron bien en todas las proporciones de mezcla de bios6lidos. Los tallos resultaron con mayor grosor y las hojas m6s grandes, as6 con mayor vigor presentado que con la mezcla control. La pudrici6n negra de la ra6z causada por *Thielaviopsis*, no fue observada en las plantas con las mezclas de bios6lidos. Fue necesario realizar inoculaciones controladas para determinar si el uso de las mezclas evit6 la aparici6n de la pudrici6n del tallo causado por *Thielaviopsis basicota* (Rose, et.,al 1996).

Cotoneaster respondi6 positivamente a todas las proporciones de mezcla de bios6lidos utilizadas a 10%,15% y 20%. Problemas con manchas de quemaduras estuvieron presentes en los intentos con esta planta para el a6o 1980, en estudios anteriores usando una proporci6n de 20% y tasas m6s altas (40% y 60%) de bios6lidos compostados. Sin embargo, en este m6s reciente estudio realizado (1995) con los productores de Ohio, las manchas por quemaduras o "manchas de fuego" no representaron ning6n problema,

probablemente porque no se le añadió un abono de liberación lenta al momento de sembrar las plantas en el envase.

En resumen, todas las especies de plantas utilizadas en este estudio respondieron positivamente a la tasa de 10% de incorporación de biosólidos. La mayoría respondió positivamente a la proporción de 15%. Solo *Fothergilla gardenii* y *Juniperus conferta* 'Blue Pacific' tuvieron un crecimiento rezagado en su primer año en las proporciones de 15% y 20% de biosólidos, pero ambas se recuperaron. En su conclusión la mezcla de biosólidos compostados incorporados a 10% y 15% usando como medio de cultivo en los envases o tiestos, resultaron en excelente crecimiento y produjeron plantas de alta calidad. La proporción de 20% proveyeron resultados iniciales un poco lentos, pero a largo plazo suministraron resultados aún mejores.

Según Clapp y otros (1994), en una publicación de 1994, la cual resume veinte años de investigación y pruebas con biosólidos compostados en los Estados Unidos concluyó que este recurso puede proveer fertilidad y muchos otros efectos beneficiosos para las plantas. En las pruebas realizadas durante los años 1994 hasta 1996 en la Universidad de Ohio con productores locales, hubo resultados similares. Las bajas concentraciones de biosólidos usadas en estas pruebas proveyeron concentraciones adecuadas de elementos menores hasta dos años después de sembradas.

Rose et al., (1996) en otro estudio realizado en la Universidad Estatal de Ohio, Recinto de Columbus, trabajó con cuatro variedades de plantas leñosas en proporciones de 10%, 15% y 20%. La altura de las plantas, cantidad de hojas

y apariencia general fue satisfactoria en todos los tratamientos. El crecimiento de las cuatro especies fue juzgado como excelente y equivalente en todos los medio a diferentes proporciones. El crecimiento de la raíz fue vigoroso y sin obstrucciones a través del envase.

Se ha reportado que numerosas especies ornamentales cultivadas en mezclas de biosólidos municipales y material compostado han crecido hasta alcanzar un tamaño mercadeable de forma más rápida que plantas cultivadas en mezclas comerciales "sin suelo". Siminis y Manios (1990) mostraron que el cultivo de variedades de *Ficus benjamina* en tiestos puede ser exitoso en sustratos de turba con 20% de biosólidos municipales compostados en su hogar en Grecia. Lamanna et al. (1991) realizaron estudios con plantas anuales y plantas de follaje y reportaron que para la mayoría de las especies, la cantidad de turba puede ser reducida en una tercera parte, esto es creando un sustrato con características físicas óptimas. Sin embargo, la información disponible es limitada en cuanto al uso de biosólidos municipales compostados para la producción de plantas tropicales perennes.

Existe información mínima en cuanto a la combinación del uso de gallinaza y biosólidos municipales compostados para la producción de plantas anuales, perennes y leñosas. Sotomayor-Ramírez, et al. (2000) en Puerto Rico usaron biosólidos municipales junto con mezcla compostada de residuos de patio en una mezcla con suelo como sustrato para tomates. Como resultado el vigor de la planta y la biomasa aumentaron con el aumento en la mezcla de la

cantidad de material compostado en la presencia de humedad y macro nutrientes adecuados.

Hoitink, et. al. (1997b) en la Universidad de Ohio condujeron estudios con biosólidos en plantas ornamentales y publicaron las propiedades de los materiales disponibles para la formulación de medios de cultivo de alta calidad en donde indican que la producción exitosa de material de vivero en envases requiere que el medio de cultivo sea formulado con ingredientes con propiedades controladas y predecibles. Propiedades físicas inadecuadas de mezclas de cultivo no pueden ser corregidas durante el proceso de producción del cultivo. Por tanto, todos los ingredientes deben tener un tamaño de partícula reproducible antes de la formulación de la mezcla para evitar problemas. Por ejemplo, es imposible de ajustar el pH y añadir cal para controlar la acidez en el medio de cultivo durante la etapa de crecimiento de la planta. Por tanto, las propiedades químicas de los ingredientes, en términos de su necesidad de acidificación, deben conocerse, al igual que los nutrientes de las plantas liberados por la mezcla de ingredientes (Hoitink, et. al., 1997b)

Los biosólidos y la mayoría de los compuestos provenientes de compostas de estiércol, así como compostas de desperdicios de jardín preparadas con cantidades grandes de cortes de grama, liberan cantidades significativas de micronutrientes, nitrógeno, fósforo, potasio y otros materiales. En los compuestos de corteza de árbol y turba no ocurre así. La corteza de árbol puede, de hecho inmovilizar el nitrógeno. Muchas de las compostas realizadas con estos ingredientes liberan altas cantidades de manganeso; las cuales deben

ser corregidas añadiendo sulfato de hierro a la mezcla. De lo contrario, plantas sensitivas al manganeso pueden desarrollar toxicidad. Todas estas propiedades deben tomarse en cuenta al momento de formular la mezcla apropiada para las plantas que se desean producir. En el artículo de la Universidad del Estado de Ohio, (1997) se revisan las propiedades de materiales usados en medios de cultivo en envases.

Al menos cuatro municipalidades en Ohio producen biosólidos municipales compostados. Ohio tiene catorce años de experiencia exitosa con este producto en envases, en bancos en tierra y para el césped. En muchas de estas aplicaciones, los biosólidos compostados proveyeron un crecimiento de planta superior sobre cualquier otro material compostado. Los biosólidos compostados son una fuente potente de nutrimentos y minerales. Generalmente, no más de 20% por volumen se añadió al medio para evitar fertilidad excesiva o problemas de toxicidad por amonia. “Las azaleas respondieron bien a un 10% a 15% de biosólidos añadidos a su mezcla de cultivo” (Hoitink, et al. ,1997a) La “muerte de invierno” de estas plantas no se ha producido desde que se incluyó esta mezcla desde el invierno de 1995.

El porcentaje de nitrógeno en los biosólidos compostados fluctúa de 1.5%-2.0%. Aproximadamente 25% de éste es liberado en los primeros tres meses después de sembrado en el envase. Contrario a la práctica de muchos agricultores al momento de hacer la mezcla de cultivo con turba, un fertilizador de liberación lenta no es necesario de aplicar hasta después de un mes de haberse sembrado. Las partículas en esta composta (más pequeñas que 1/8” de

diámetro) retienen la mayor parte de los nutrientes de plantas que ya están disponibles. Estas partículas producen efectos de fertilidad superior en ornamentales y en césped. Los efectos de supresión de enfermedades en el césped específicamente han causado que se use ampliamente en años recientes. Su uso en cultivos en envases está incrementando también debido a los resultados obtenidos. Los elementos pesados son ofrecidos en cantidades adecuadas al menos durante el primer año del cultivo.

El cultivo de la pascuas para los agricultores representa la oportunidad de obtener mayor margen de ganancia, en comparación con otros cultivos de ornamentales. Los demás cultivos de plantas ornamentales en general, si son plantas anuales dependiendo la variedad en promedio toman hasta tres meses en las mesas del vivero desde que se siembran directamente desde las bandejas de propagación hasta su destino final. Considerando que se tiene un tiempo relativamente corto, el margen de ganancia de estas plantas es relativamente bajo. Cuando son plantas perennes en general, pueden tomar de cuatro a seis meses, dependiendo la variedad en ocupar un espacio en el vivero y su margen de ganancia es un poco más alto que las plantas anuales. Sin embargo, la pascua a pesar de que se comienza a planificar su cultivo con meses de anticipación y puede tomar hasta cuatro meses desde que se reciben los primeros esquejes, hasta que la planta está lista para la venta y además requiere cuidados especiales en cuanto a necesidades y requerimientos de luz y es susceptible a una gran cantidad de plagas, si se obtiene una cosecha exitosa, es un cultivo en donde se obtiene un amplio margen de ganancia en

comparación con las demás plantas, por lo que lo hace atractivo y de gran importancia económica para los agricultores.

La importancia de las pascuas dentro del renglón de ornamentales se puede observar también en el hecho de que en el más reciente Censo de Agricultura Federal del año 2002, se incluyó por primera vez la pascua como cultivo separado dentro de éste renglón, ya que en años anteriores, se incluía dentro de los datos de plantas florecedoras. Esto no permitía establecer el número de agricultores que se dedicaba a sembrar pascuas y el ingreso que se obtenía de la venta de las mismas. Los datos del Censo reflejaron que existía para el año 2002 cincuenta y siete (57) fincas dedicadas a este cultivo durante el año, las que se establecían en un promedio de dieciséis (16) cuerdas en campo abierto y novecientos ochenta y nueve mil, novecientos ochenta y siete (989,987) pies cuadrados de producción bajo techo o protección de umbráculos. Esto representó \$3.2 millones de dólares en ventas sólo para el cultivo de pascuas del total de \$66.8 millones de dólares, que representó el renglón de ornamentales en su totalidad. Este número en ventas se compara sólo con las orquídeas, que dentro de la industria de ornamentales representa un cultivo de gran importancia económica.

La *Euphorbia pulcherrima* (pascua) dentro del grupo de ornamentales es la de mayor importancia económica, ya que permite al agricultor obtener en un periodo de tiempo relativamente corto un margen de ganancia mayor que las demás plantas ornamentales. Esto es porque tiene un buen precio de reventa en el mercado. Según indica uno de los agricultores, la producción de pascuas se

comienza aproximadamente para el mes de julio con la adquisición de los primeros cortes de suplidores locales. Estos primeros cortes se utilizan para la siembra en canastas y otros envases, aunque inicialmente se siembran en tiestos de seis pulgadas. En el mes de agosto se siembra otro grupo de plantas que se hayan dejado en tiestos de seis pulgadas. La variedad utilizada en el experimento fue Freedom, aunque regularmente además de estas variedades se utiliza Winter Rose y Subjibe, siendo la Freedom la de mayor uso y la más predominante por su intenso color rojo. Se utiliza el método de transplante de tamaño menor de envase a uno mayor según la planta va creciendo, porque se logra una mejor adaptación y por consiguiente menos pérdida en los cortes.

Luego de sembrar las pascuas se procede a aplicar un tratamiento de fungicida de manera preventiva en forma de “drench”⁴, esto es en donde se cubre toda la planta y el medio de cultivo por igual. El medio de cultivo utilizado inicialmente es Pro- Mix y algo de Peat Moss. Este medio se refuerza con un fertilizante granular de liberación controlada.

La fertilización se lleva a cabo semanalmente con abono líquido 20-20-20. Como parte del proceso de desarrollo adecuado de las pascuas, se podan para obtener una planta más frondosa y con mayor inflorescencia. Las podas o “pinches” se realizan de acuerdo a lo que se busque en el producto final. Por ejemplo, una pascua con seis hojas, después de podarla o “pincharla” desarrollará seis ganchos y por consiguiente seis flores. En este caso, la primera poda se efectúa un mes después de sembradas en tiestos de seis pulgadas

⁴ El drench se refiere a la técnica de aplicación de químico en donde se humedece por igual la planta junto con el medio de cultivo, puede ser sumergiendo la planta completa en la solución o humedeciendo la planta completamente dándole un “baño”.

(para principios de agosto). La segunda poda se realiza para mediados de septiembre. Al momento de la segunda poda todas las pascuas deben estar debidamente transplantadas ya en el tiesto de seis pulgadas o en el envase correspondiente en donde se mercadeará.

Entre las características deseables en las pascuas como producto final es que sea frondosa y tenga un tamaño intermedio, es decir, que no se vea muy pequeña para el tiesto en donde esté sembrada, ni muy etiolada, o alargada. Debe guardar proporción con el envase, ya que mientras más grandes, se ponen vidriosas y dificulta su manejo para venderla lo que resulta en pérdidas económicas. Algunas veces se utiliza un retardador de crecimiento y nitrato de calcio para minimizar el crecimiento exagerado y la vidriosidad.

Las pascuas son atacadas por un sinnúmero de plagas, por lo que se trata de no compartir el área de siembra de ésta con ninguna otra, logrando así un mayor control de enfermedades. Entre las plagas que comúnmente atacan a las pascuas están la mosca blanca, gusanos y los hongos, entre otras. Se utilizaron productos de manera preventiva e individual en el transcurso de aproximadamente seis meses, cuando se encuentran problemas de resistencia con mosca blanca. De ocurrir así, se aumenta la dosis y se combinan los productos de manera rotativa para evitar desarrollar inmunidad. Se tiene cuidado con los plaguicidas de contacto y sistémicos que tienden a manchar el follaje que estéticamente afectan la calidad del producto final.

III. METODOLOGIA

Esta investigación se realizó con el propósito de determinar alternativas orgánicas como medio de cultivo para plantas ornamentales, a consecuencia del crecimiento económico obtenido por este cultivo en los últimos años y la necesidad de reducir costos de producción con el uso de un medio orgánico que es un contaminante y puede sustituir a la turba, la cual es un medio de cultivo costoso.

3.1 Tratamiento

Para la elaboración del estudio se obtuvieron plantas de *Euphorbia pulcherrima*, *Catharanthus roseus* y *Gerbera jamesonii* ya propagadas de cultivadores locales. La selección del material vegetativo se realizó de acuerdo a las necesidades de investigación indicadas por la empresa de ornamentales de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico.

Se realizaron tres tratamientos utilizando doce plantas por tratamiento, para un total de treinta a treinta y seis plantas por variedad. La cantidad de plantas utilizadas dependió de la disponibilidad de las mismas. Como planta control se utilizaron doce plantas por variedad de las plantas que el agricultor en su totalidad sembró utilizando su mezcla de turba con perlita y vermiculita.

Los tratamientos consistieron de mezclas de cultivos utilizando biosólidos compostados y turba en las siguientes proporciones: **25:75** (25 % de biosólidos y 75 % de turba), de aquí en adelante conocida como Tratamiento 1 (uno), **50:50**; (50 % de biosólidos y 50 % de turba), de aquí en adelante conocida como

Tratamiento 2 (dos) y **10:90**; (10 % de biosólidos y 90 % de turba), de aquí en adelante conocida como Tratamiento 3 (tres). A la turba se le incorporó perlita y vermiculita en proporción 1:1:1 por volumen.

Estos tratamientos se llevaron a cabo en dos replicaciones, cada agricultor constituye una replicación, por lo que el estudio se llevó a cabo simultáneamente en la finca de dos productores de plantas ornamentales, los cuales se dedicaban a producir las mismas plantas usadas bajo el estudio. Para realizar lo anterior, se identificaron a dos productores de plantas ornamentales del Municipio de Aibonito. La selección de estos productores se realizó a base de su disposición de cooperar con el estudio y a que representan volúmenes de producción pequeño a mediano y mediano a grande. Estos productores tenían en promedio cincuenta años, escolaridad alcanzada de escuela superior y son agricultores empresarios innovadores que buscan nuevas oportunidades dentro del renglón de ornamentales. Éstos, en adelante se identificarán como **Replicación A** y **Replicación B**.

Las plantas fueron transplantadas en tiestos redondos tipo Azalea desde cuatro o seis pulgadas hasta un galón, dependiendo de la variedad, con la mezcla de biosólidos municipales compostados (provistos por la Autoridad de Desperdicios Sólidos de Puerto Rico) a diferentes proporciones. El tamaño de tiesto utilizado específicamente fue el siguiente: cuatro pulgadas para la variedad anual *Catherenthus roseus*, las cuales se sembraron en su primera etapa vegetativa, directamente de la bandeja de propagación; tiesto de seis

pulgadas para las variedad *Gerbera jamesonii* la cual se sembró directamente de la bandeja de propagación.

La variedad de *Euphorbia pulcherrima* se sembró en tiesto de seis pulgadas en su Replicación A, directamente de la bandeja de propagación y en tiesto de un galón en la Replicación B, directamente después de haber sido transplantadas por primera vez a un envase de 6 pulgadas; aproximadamente 60 días después. Los tamaños en donde se sembraron las plantas fueron determinados bajo previo acuerdo con los agricultores, debido a que las plantas bajo estudio se sembraron en el mismo tamaño de tiesto utilizado por ellos para mercadear sus plantas. Las variedades utilizadas se incorporaron al estudio desde germinadas de la bandeja de propagación (plántulas enraizadas), continuando con su desarrollo hasta el momento en que la planta estuvo lista para mercadearse. La variedad de *Euphorbia pulcherrima* es la única planta en la cual se trabajó en dos etapas de transplante: desde plántula, hasta su segundo transplante en tiesto de un galón.

Todas las variedades de plantas bajo estudio estuvieron expuestas a las mismas condiciones de temperatura, humedad, frecuencia de riego y fertilización, ya que se encontraban en la finca de cada uno de los productores en el Municipio de Aibonito. En cada finca, hubo un espacio provisto junto con las plantas del productor, donde se encontraba la totalidad de las plantas a utilizarse en el proyecto. El productor llevó a cabo diariamente con las plantas bajo estudio las mismas prácticas que realizaba con las plantas que él producía en cuanto a

riego, fertilización y aplicación de plaguicida. La única diferencia entre las plantas del productor y las plantas del estudio fue el medio de cultivo utilizado en el envase que se encontraba en el banco de producción.

Parámetros como altura, número de hojas, fecha de florecida, número de flores así como apariencia general y desarrollo de la planta se tomaron y registraron semanalmente en las fincas de los productores del Municipio de Aibonito. Estos datos se compararon con las plantas que el agricultor produce (plantas control) para determinar el crecimiento y desarrollo de la planta en general con el método alterno de medio de cultivo.

Las plantas usadas en este estudio se escogieron a base de su disposición e importancia económica en la empresa de ornamentales. La planta *Euphorbia pulcherrima* y *Catherenthus roseus*, se estudió y produjo en la Replicación A, mientras que en la Replicación B se trabajó con *Euphorbia pulcherrima* y *Gerbera jamesoni*

Las plantas sembradas en este estudio constaron de dos etapas: desde agosto del 2003 hasta noviembre del 2003 se trabajó en las fincas productoras con la pascua (*Euphorbia pulcherrima*), ya que es el cultivo ornamental de mayor importancia durante ese tiempo y desde noviembre del 2003 hasta febrero del 2004, que fue el tiempo de la segunda etapa del estudio, con las demás variedades.

3.2 Análisis económico

Se estudió la viabilidad económica de desarrollar medios orgánicos de cultivo utilizando biosólidos compostados. El estudio consistió de la preparación de un presupuesto total, en el cual se incluye el costo de todos los materiales a utilizar como tiestos, fertilizantes, medio de cultivo, el costo de mano de obra; alquiler de maquinaria; beneficios marginales y costos indirectos.

En Puerto Rico, el material mayormente utilizado para sembrar plantas ornamentales en tiestos es turba incorporándole perlita y vermiculita, por lo que se puede realizar un presupuesto parcial donde se determine los costos adicionales en que incurre un productor que utiliza turba en comparación con la mezcla orgánica alternativa. Este presupuesto parcial dará una idea del impacto que tendría la nueva mezcla de cultivo en los aspectos económicos del negocio; por ejemplo se determinará la reducción o incremento en los ingresos; el aumento o reducción en los costos y un análisis de Ingresos y Gastos que incluye los factores que serían afectados positiva o negativamente al utilizar un medio de cultivo orgánico utilizando biosólidos compostados.

Un presupuesto parcial provee un método consistente para calcular el cambio esperado en ganancia como resultado de un cambio planificado en el negocio agrícola. A diferencia del presupuesto total, en el presupuesto parcial se anotan solo los cambios en ingresos y gastos esperados como resultado del cambio planificado. La información necesaria para generar este registro es relacionada con los cambios en gastos e ingresos si la alternativa propuesta se implanta.

Los resultados obtenidos fueron base para determinar cuál mezcla usando biosólidos municipales junto con algún otro componente comercial, de ser necesario, pueda utilizarse como medio de cultivo para plantas ornamentales. La decisión se basó en la mezcla que mejor desarrollo provee a las plantas en el estudio y dentro de esto, la viabilidad económica de la mezcla seleccionada. Con el uso de la mezcla de medios de cultivos orgánicos utilizando biosólidos municipales, se reduciría el problema de la disposición de estos desperdicios al medio ambiente. Los resultados obtenidos en el estudio están disponibles para el público general y para los cultivadores de plantas, los cuales tendrán la opción de reducir sus costos de producción reduciendo o sustituyendo el uso de la turba por medios de cultivos orgánicos y reducir el uso de fertilizantes.

3.3 Análisis de acuerdo a los parámetros de crecimiento

En el estudio se tomaron en consideración los parámetros de crecimiento: altura, número de hojas, fecha de florecida, número de flores y apariencia general de la planta entre las tres mezclas de biosólidos y las plantas control. Cada estudio con tres tratamientos replicados en dos veces, siendo cada agricultor una replicación. Se tomaron en consideración estos parámetros, ya que las mismas determinan científicamente el crecimiento de una planta y su desarrollo. Los resultados encontrados favorables que mostrarían estas variables determinarán si la planta compite con plantas de otros jardines y su valor futuro en el mercado de ornamentales

IV. RESULTADOS

A. Evaluación de acuerdo a parámetros de crecimiento

Se realizó un estudio para determinar la viabilidad de diferentes mezclas compostadas (utilizando biosólidos municipales), junto con turba y se evaluaron estas mezclas a diferentes proporciones con unas características deseables en cuanto a su altura, número de hojas, fecha de florecida, número de flores y apariencia general, entre otras.

4.1 Euphorbia pulcherrima

4.1.1 Análisis de crecimiento- Altura

Figura 12- Crecimiento Euphorbia pulcherrima- Replicación A

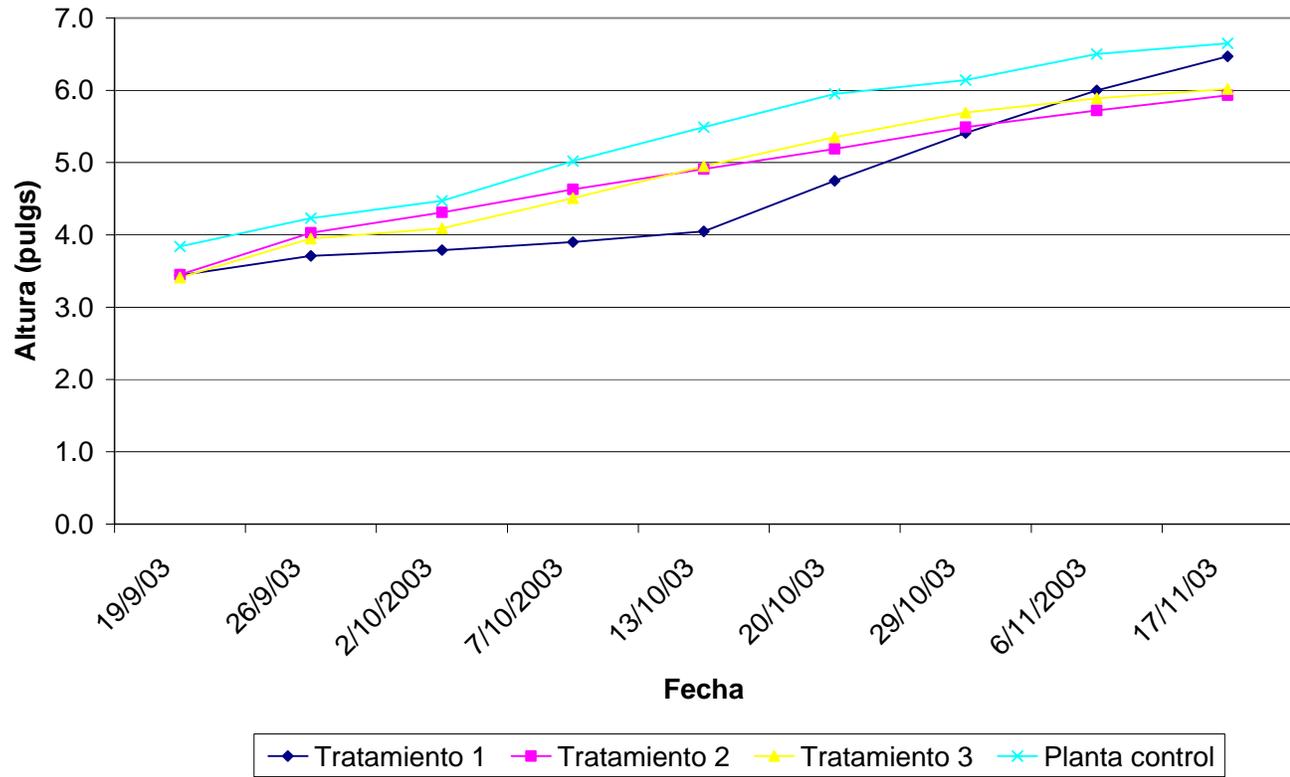


Los datos de crecimiento se tomaron desde el 19 de septiembre de 2003, en ambas fincas, cuando las pascuas estaban en la etapa de crecimiento en que correspondía realizar un segundo trasplante al envase o tiesto en donde finalmente se venderían. En la Replicación A se sembraron las pascuas en tiestos de 6", mientras que en la Replicación B se sembraron en tiestos de 2

galones. Los datos tomados en la Replicación A se tomaron hasta el 17 de noviembre de 2003, debido a que eran tiestos más pequeños que para esa fecha ya estaban listos para la venta, mientras que los datos tomados en la Replicación B se tomaron hasta el 24 de noviembre de 2003, cuando estuvieron listas las plantas para mercadearse.

En cuanto a los parámetros de crecimiento, las pascuas sembradas en la Mezcla 1 (25:75), tuvieron un crecimiento del tallo que fluctuó entre 3.4 al comienzo del proyecto hasta 6.5 pulgadas al finalizar, la Mezcla 2 (50:50) resultó en un crecimiento que fluctuó entre 3.5 a 5.9 pulgadas y la Mezcla 3 (10:90) obtuvo un crecimiento de 3.4 a 5.9 pulgadas. Al comparar este crecimiento de las tres mezclas con la planta control, que resultó de 3.8 a 6.7 pulgadas, se puede observar parámetros de crecimiento bastante similares, resultando la planta control con 6.7 pulgadas, siendo el mayor tamaño registrado. Este tamaño fue seguido de la planta Tratamiento 1 con 6.5 pulgadas, mientras que las plantas en el Tratamiento 2 y 3 obtuvieron el mismo tamaño final con 5.9 pulgadas.

Figura 13 Parámetros de crecimiento de pascuas- Replicación A
Altura Euphorbia pulcherrima



En términos generales, la planta control obtuvo un 3% adicional de crecimiento en el tallo, en comparación a la planta tratada con la Mezcla 1 y un 13% de crecimiento en comparación a las plantas tratadas con la Mezcla 2 y 3. Una de las características aceptables para pascuas en crecimiento en tiestos es que no sean muy altas, ya que esto dificulta el manejo de las mismas y genera vidriosidad. Así que basado en esto, las plantas en la Replicación A, tratadas con las mezclas tuvieron un buen crecimiento, ya que estuvo cerca de los parámetros de la planta control y la altura total no es necesariamente equivalente a que sea una mejor planta. Hay otros factores que en conjunto se toman en consideración para considerar el desarrollo de una planta como bueno. Estos factores son la proporción, es decir que la planta tenga una altura adecuada para el envase en donde se encuentre sembrada, hojas sin manchas, apariencia saludable, sin plagas ni hongos afectando su apariencia y el desarrollo de flores.

Cuadro 3- Parámetros de crecimiento/Altura (pulgadas) Replicación A

Euphorbia pulcherrima

FECHA	T 1 (25:75)	T2 (50:50)	T 3 (10:90)	Planta control
19/9/03	3.4	3.5	3.4	3.8
26/9/03	3.7	4.0	4.0	4.2
2/10/2003	3.8	4.3	4.1	4.5
7/10/2003	3.9	4.6	4.5	5.0
13/10/03	4.1	4.9	5.0	5.5
20/10/03	4.8	5.2	5.4	6.0
29/10/03	5.4	5.5	5.7	6.1
6/11/2003	6.0	5.7	5.7	6.5
17/11/03	6.5	5.9	5.9	6.7

Las pascuas sembradas en las mismas proporciones de mezcla, pero en diferente tamaño de tiesto (2 galones), fueron las usadas en la Replicación B. Los datos obtenidos en esta replicación nos muestran que las pascuas sembradas en la Mezcla 1 (25:75), tuvieron un crecimiento del tallo que fluctuó entre 8.1 pulgadas al comienzo del proyecto a 12.8 pulgadas al finalizar. La Mezcla 2 (50:50) resultó en plantas que crecieron de 7.8 a 12.8 pulgadas, finalizando a la misma altura que la Mezcla 1. La Mezcla 3 (10:90) tuvo un crecimiento del tallo de 7.8 hasta 13.8 pulgadas al final del proyecto mientras que la planta control tuvo crecimiento de 8.3 a 14.4 pulgadas, siendo la que obtuvo la mayor altura.

Figura 14 - Crecimiento Euphorbia pulcherrima- Replicación B



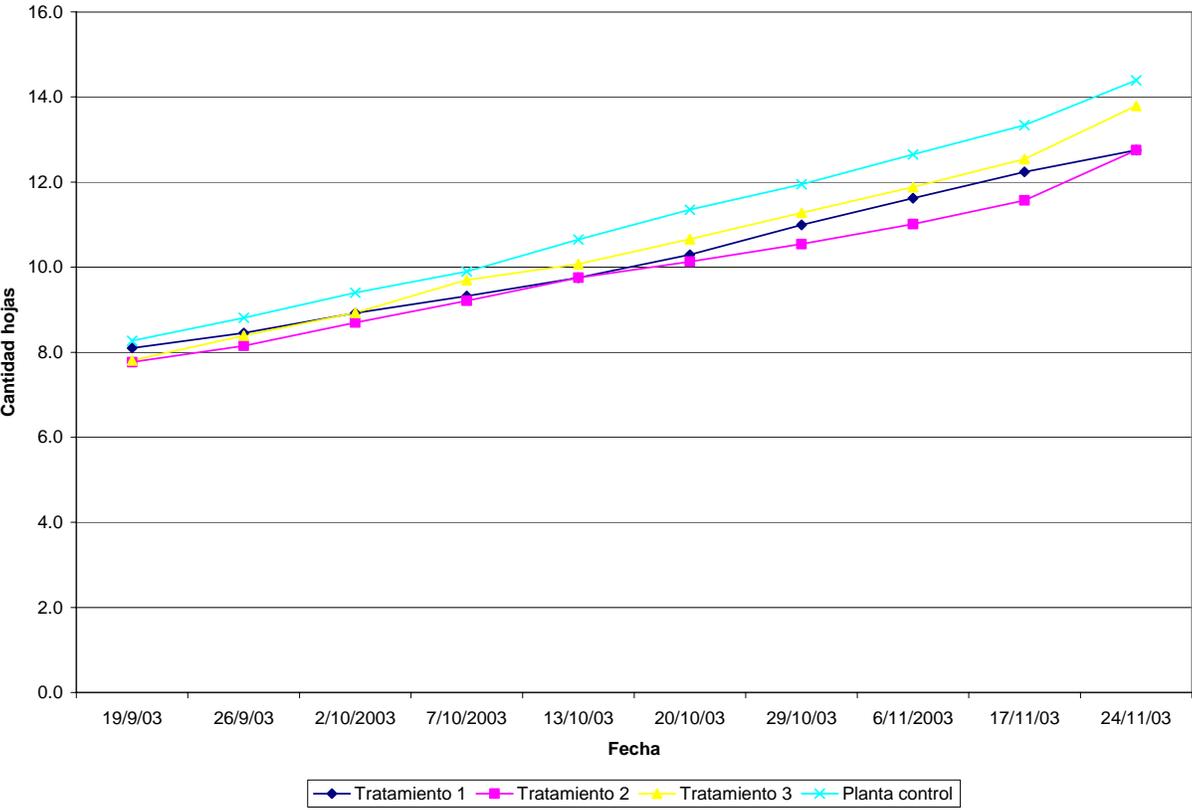
Cuadro 4 -Parámetros de crecimiento/Altura (pulgadas) Replicación B

Euphorbia pulcherrima

FECHA	T 1 (25:75)	T 2 (50:50)	T 3 (10:90)	Planta control
19/9/03	8.1	7.8	7.8	8.3
26/9/03	8.5	8.2	8.4	8.8
2/10/2003	8.9	8.7	8.9	9.4
7/10/2003	9.3	9.2	9.7	9.9
13/10/03	9.8	9.8	10.1	10.7
20/10/03	10.3	10.1	10.7	11.4
29/10/03	11.0	10.5	11.3	12.0
6/11/2003	11.6	11.0	11.9	12.7
17/11/03	12.2	11.6	12.5	13.3
24/11/03	12.8	12.8	13.8	14.4

La planta control tuvo un crecimiento de tallo de 12.5% en comparación con las Mezclas 1 y 2, mientras que tuvo un crecimiento de 4.3% en comparación con la Mezcla 3. En términos generales, la planta control obtuvo mayor crecimiento de tallo en comparación a las plantas tratadas con las diferentes mezclas.

Figura 15 Parámetros de crecimiento de pascuas- Replicación B



4.1.3 Número foliar

El desarrollo de hojas en la pascua es realmente una de las características más deseables. Las hojas son el principal atractivo de una pascua, ya que es la parte de la planta que hace que sea mercadeable. La cantidad de hojas que desarrolle una planta de pascua depende de su manejo, prácticas de poda o “pinche”, las condiciones de viento y/o plagas que afecten el crecimiento y retención de las hojas.

En la Replicación A, la mayor cantidad de hojas desarrolladas al final del proyecto fue con la Mezcla 3 (25:75), que tuvo 49 hojas. En comparación con la planta control que tuvo un desarrollo de 42 hojas, la Mezcla 3 nos muestra un 17% adicional de número foliar. La Mezcla 1 quedó en segundo lugar en cuanto a cantidad de hojas con 44, un 5% más en comparación con la Planta control. La Planta control obtuvo por su parte el mismo número foliar en comparación con la Mezcla 2, que tuvo un desarrollo de 40 hojas.

Figura 16 - Número foliar *Euphorbia pulcherrima*- Replicación A

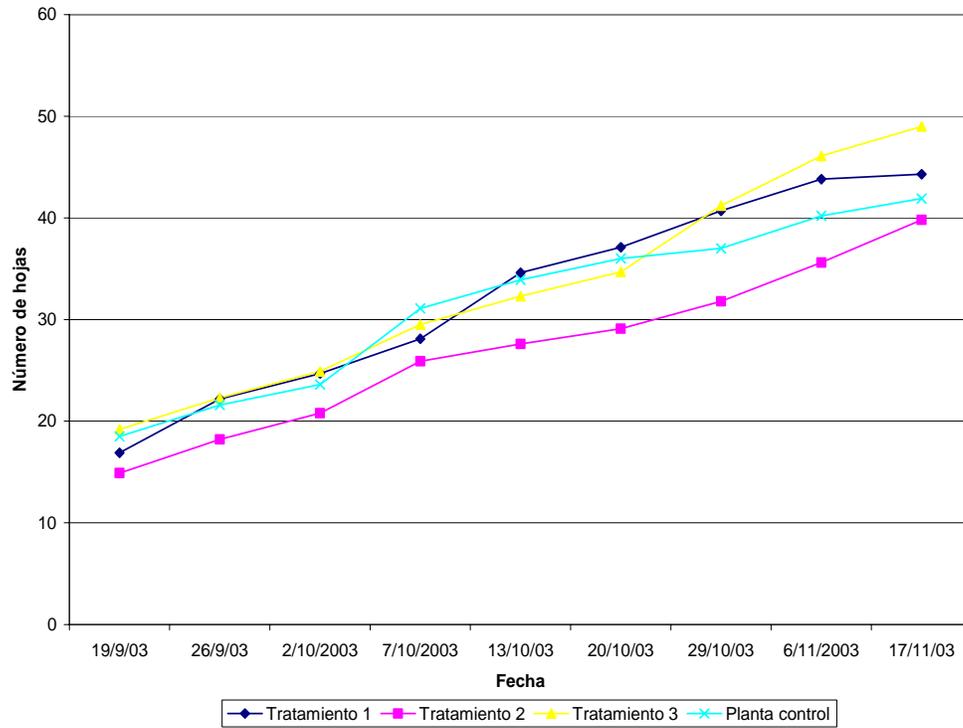


Cuadro 5 -Parámetros de crecimiento/Número foliar Replicación A

FECHA	T 1 (25:75)	T 2 (50:50)	T 3 (10:90)	Planta control
19/9/03	17	15	19	19
26/9/03	22	18	22	22
2/10/2003	25	21	25	24
7/10/2003	28	26	30	31
13/10/03	35	28	32	34
20/10/03	37	29	35	36
29/10/03	41	32	41	37
6/11/2003	44	36	46	40
17/11/03	44	40	49	42

En términos generales, la pascua sembrada en la Mezcla 3 (10:90), de la Replicación A obtuvo el mayor número foliar, en comparación a las plantas tratadas con las otras dos mezclas y la planta control.

Figura 17 Número foliar de pascuas- Replicación A



En la Replicación B el número foliar mayor desarrollado al finalizar el proyecto fue con la Mezcla 2 (50:50). Con ésta mezcla se desarrollaron 65 hojas, un 21% más en comparación con la planta control, que obtuvo 53 hojas. La Mezcla 3 (10:90) tuvo un número foliar de 64 hojas, para un crecimiento de 20.7%, en comparación con la planta control, y ésta a su vez tuvo un leve crecimiento de 1.9% sobre la Mezcla 1 (25:75), que tuvo un número foliar de 52. En términos generales, las plantas sembradas en la Mezcla 2 (50:50) obtuvieron un mayor número foliar que las pascuas sembradas en las Mezclas 1 (25:75), 3 (10:90) y la planta control.

Figura 18- Número foliar Euphorbia pulcherrima- Replicación B

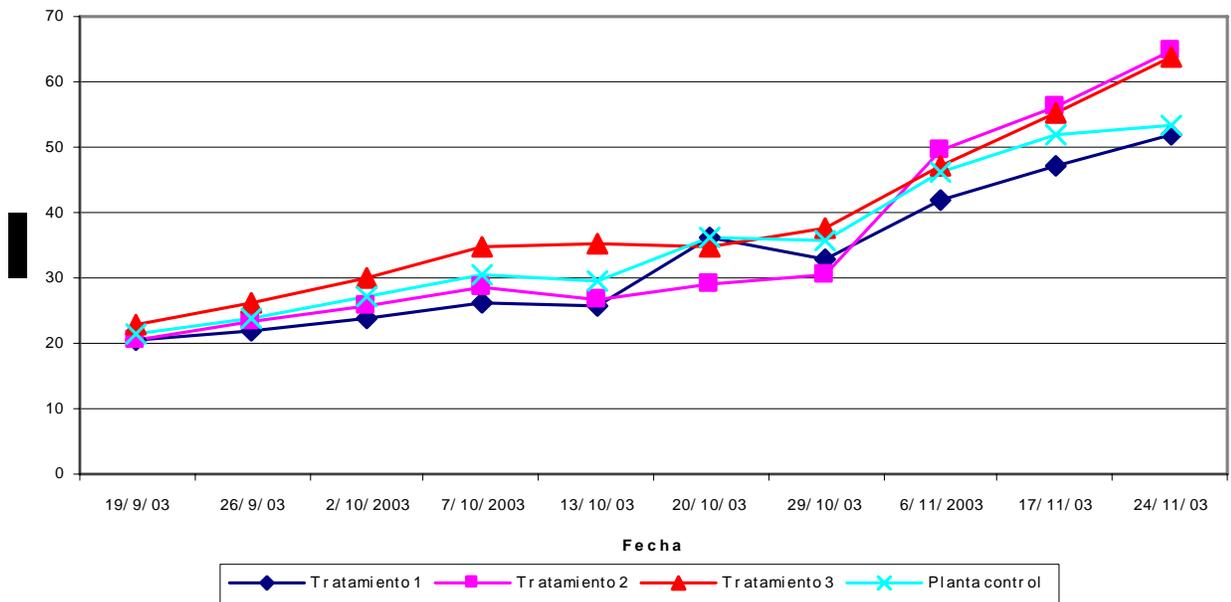


Cuadro 6 -Parámetros de crecimiento/Número foliar Replicación B

FECHA	T 1	T 2	T 3	Planta control
19/9/03	21	20	23	21
26/9/03	22	23	26	24
2/10/2003	24	26	30	27
7/10/2003	26	29	35	30
13/10/03	26	27	35	30
20/10/03	36	29	35	36
29/10/03	33	31	37	36
6/11/2003	42	49	47	46
17/11/03	47	56	55	52
24/11/03	52	65	64	53

En términos generales, las pascuas sembradas en las diferentes mezclas tuvieron un desarrollo en su número foliar que se puede describir como óptimo; las cuales tuvieron gran similitud y un número foliar estimado de 21% adicional al obtenido por la Planta control, lo cual es una característica deseable en el mercado de pascuas, ya que la hoja es la parte mercadeable de la planta.

Figura 19 Número foliar de pascuas- Replicación B



4.1.3 Aspecto general

Los parámetros de crecimiento de las pascuas como la altura y el desarrollo foliar son aspectos importantes para determinar la calidad y competitividad de las plantas. Sin embargo es la apariencia general de la planta y la cantidad y calidad de las hojas lo que determina en gran medida lo aceptada que pueda ser esa planta en el mercado. Las hojas deben ser grandes, de color uniforme y sin manchas. Con base en este aspecto, las plantas en la Replicación A, las cuales fueron sembradas en envases más pequeños de 6" y se sembraron directamente al envase donde se iban a mercadear resultaron en lo siguiente: Con la Mezcla 1, las cuales tenían una relación 25% de biosólidos y 75% turba y la Mezcla 3, las cuales tenían una relación de 10% de biosólidos y 90% turba; tuvieron una mejor apariencia en relación a las plantas sembradas en la Mezcla 2 (50:50) y a la planta control.

En cuanto a la Replicación B, las cuales fueron sembradas en envases de mayor tamaño (2 galones) y se transplantaron a este envase una vez la planta se desarrolló en el envase de 6"; las plantas que tuvieron mejor apariencia y que se veían con mejor desarrollo en general fueron las plantas sembradas en la Mezcla 2 (50:50), las cuales tenían una relación equitativa en su mezcla de biosólidos/turba. Estas plantas, como se mencionó anteriormente, a diferencia de la Replicación A, fueron sembradas en tiestos de 2 galones, es decir, se mercadeaban en tiestos más grandes. Las pascuas comerciales en tiestos de 6" tuvieron menos tolerancia a la Mezcla 2

que contenía una relación 50:50 de biosólidos/turba, que las pascuas sembradas en tiestos más grandes de 2 galones, las cuales tuvieron mejor apariencia y toleraron la cantidad de biosólidos que contenía esta mezcla.

4.2 Catharantus roseus

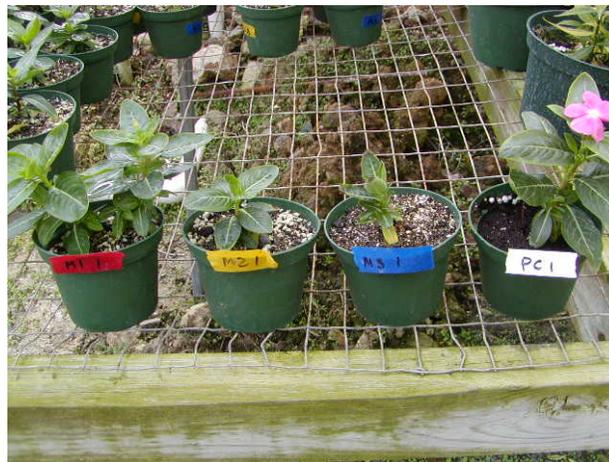
La *Catharantus roseus* (Vinca) es una planta herbácea anual que tolera sol y suelos pobres. Las plantas crecen de uno a dos pies de altura. Se diferencia con la Vinca perenne en el uso para jardines, porque esta Vinca perenne se usa como cobertura. Tiene flores duraderas y abundantes, mayormente en los meses de verano y está disponible en una gran selección de colores y flores de mayor tamaño. Es una planta de fácil crecimiento para tiestos y bordes, sin embargo, en algunas ocasiones toma un tiempo considerable en florecer cuando se desarrolla de semilla. La *Catherenthus* no requiere prácticas de poda o “pinche” para mantener su forma redondeada y florecida. Una vez germinada y sembrada, se cultiva fácilmente y no da problemas de mantenimiento. Algunas enfermedades en las raíces y tallo pueden ocurrir, así como número foliar limitado.

De esta planta se hizo una sola replicación, ya que dentro de las plantas anuales, el otro agricultor no producía *Catherenthus*. Las plantas se sembraron en tiestos de 4”, que es el envase en donde se mercadea la planta finalmente. Se sembraron plántulas de *Catherenthus* directamente de la bandeja germinada al tiesto. Las plantas estuvieron sembradas por alrededor de seis semanas desde transplantadas hasta que se mercadearon.

4.2.1 Parámetros de crecimiento- Altura *Catharanthus roseus*

Las plántulas de *Catharanthus* tuvieron un crecimiento general de 3 a 4 pulgadas, en donde estas plantas tienen un crecimiento de porte bajo en tiestos. El crecimiento alto en tiestos puede causar que luzcan etioladas y de aspecto poco mercadeable. En este proyecto, inicialmente las plantas crecieron de forma bastante parecida, hasta alcanzar las 2 pulgadas de altura. Sin embargo, la plantas sembradas con la Mezcla 1 (25:75) y la planta Control fueron las únicas que alcanzaron de 3"- 4" de altura.

Figura 20 - Parámetro de crecimiento- Altura *Catharanthus roseus*



4.2.2 Número foliar *Catharanthus roseus*

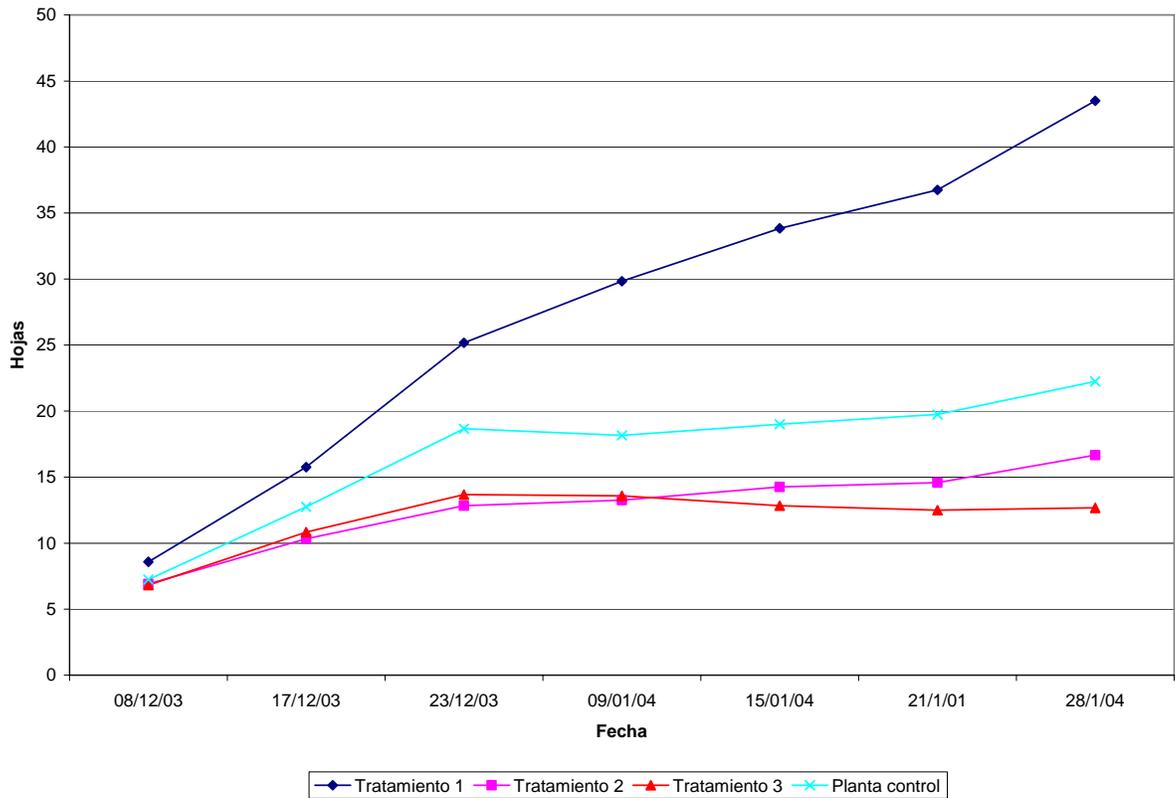
Cuadro 7 -Número foliar *Catharanthus roseus*

FECHA	T 1 (25:75)	T 2 (50:50)	T 3 (10:90)	Planta control
8/12/03	9	7	7	7
17/12/03	16	10	11	13
23/12/03	25	13	14	19
09/01/03	30	13	14	18
15/01/04	34	14	13	19
21/1/04	37	15	13	20
28/1/04	44	17	13	22

La cantidad de hojas desarrolladas por la planta es importante para determinar si la planta resultará frondosa, lo cual es una de las características deseables. En las *Catharanthus*, la mayor cantidad de hojas desarrolladas al finalizar el proyecto fue con la Mezcla 1 (25:75) con 44 hojas, para un crecimiento de 100% en comparación con la Planta control, que tuvo un número foliar de 22.

Este resultado es excepcional, porque no sólo las plantas desarrollaron mayor cantidad de hojas, sino que la calidad de las mismas fue de igual o mejor comparación que la Planta control. En las primeras semanas, la Planta control y la Mezcla 1 (25:75) comenzaron a desarrollarse de forma similar, como se puede observar en la Figura 18, aunque la planta control tuvo una florecida temprana en comparación con las plantas sembradas en Mezclas. Sin embargo, al finalizar el proyecto las plantas que contenían la Mezcla 1 (25:75) crecieron frondosas, con mayor cantidad de hojas y las mismas estaban en excelentes condiciones, sin manchas y sin quemaduras.

Figura 21 - Número foliar *Catharanthus roseus*



Las plantas sembradas en la Mezcla 2 (50:50) tuvieron un número foliar de 17 hojas al finalizar el proyecto, lo que implica que la Planta control tuvo un número foliar de 29% en comparación con esta mezcla. Las hojas en esta mezcla comenzaron a desarrollarse de forma normal durante las primeras semanas, sin embargo, las plantas presentaban quemaduras extremas en los bordes de las hojas, amarillamiento y crecimiento desacelerado.

Figura 22– Desarrollo foliar Planta Catharanthus roseus tratada con la Mezcla 2 (50:50)



En términos comerciales, el desarrollo de una planta con éstas características y apariencia se consideraría como “aceptable”, no podría catalogarse como desarrollo bueno o excelente. Con esto se refiere a que para que se considere un desarrollo bueno o excelente era necesario mayor cantidad de hojas y una mejor apariencia y condición de las mismas.

La Mezcla 3 (10:90) tuvo un desarrollo foliar bastante pobre con 13 hojas, por lo que la Planta control tuvo un crecimiento en número de hojas sobre la Mezcla 3 (10:90) de un 69%. Se considera pobre porque su desarrollo fue mínimo y es una planta que no se puede mercadear de forma que compita con plantas producidas en otros jardines, ya que no tiene una apariencia aceptable. Esta Mezcla tuvo un crecimiento lento, hojas extremadamente pequeñas para ser comercialmente atractivas y amarillamiento de los extremos y lados de las hojas.

Figura 23- Desarrollo foliar Catharanthus roseus tratada con la Mezcla 3 (10:90)



Como se puede observar en la Figura 23, las hojas no se desarrollaron por completo y la planta no tiene una apariencia saludable, lo que la hace no mercadeable. En términos generales, en este tipo de planta herbácea, la Mezcla que contenía una proporción (25:75) de relación 25% biosólidos/ 75% turba, que en este caso es la Mezcla 1 resultó en una mezcla beneficiosa para este tipo de planta. Según se aumentó la cantidad de biosólidos en la Mezcla 2, con una relación 50:50, la planta comenzó a mostrar signos de pobre desarrollo y poca tolerancia a la cantidad de biosólidos y a su vez a la cantidad de sales incluidas en la mezcla.

4.2.3 Aspecto general

Figura 24- Catharanthus desarrollada en diferentes mezclas de biosólidos



De derecha a izquierda: Plantas tratadas con la Mezcla 1, 2 3 y planta control

Las plantas anuales *Catharanthus roseus* tuvieron una diferencia bastante visible en la apariencia para las diferentes mezclas, en donde las plantas sembradas en la Mezcla 1 (25:75) tuvieron mejor proporción, mayor cantidad de hojas y una apariencia más saludable que las plantas sembradas en las demás mezclas. Las plantas de la Mezcla 2 (50:50) se observaron con quemaduras en la punta de sus hojas y un crecimiento retrasado, mientras que las plantas sembradas en la Mezcla 3 (10:90) tuvieron más quemaduras que las plantas de la Mezcla 2, menos tolerancia a la mezcla y una apariencia desproporcionada y pobre.

4.3 Gerbera jamesonii

Las Gerberas o Margaritas africanas son plantas que no son fáciles de cultivar. En cierta medida son plantas delicadas que reaccionan rápidamente a cambios en medios de cultivo, temperaturas, humedad en el ambiente y uso de fertilizantes y plaguicidas. El método de propagación es por semillas, sin embargo, germinarla con éxito es bastante difícil, por lo que se utilizan plántulas. Las Gerberas utilizadas en este proyecto fueron transplantadas directamente al tiesto de 6" en donde se mercadearon. En las Gerberas no se considera altura o crecimiento vertical de la planta como una característica deseable, sino que se considera lo frondosa que resulte la planta, el desarrollo de hojas grandes, saludables, sin manchas y flores en pleno desarrollo, de tamaño grande y de coloración completa.

Es por ésta razón que el parámetro de crecimiento altura no se tomó en consideración como relevante en ésta planta.

4.3.1 Parámetros de crecimiento- Número foliar Gerbera

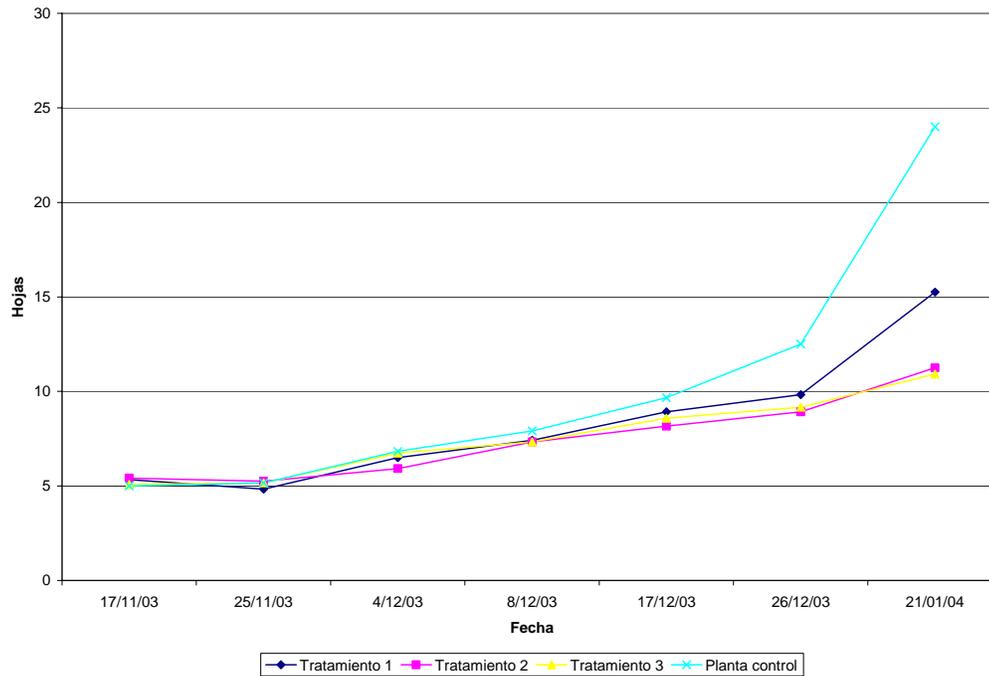
El utilizar las diferentes mezclas de biosólidos con las Gerberas resultó en que la Planta control tuvo un desarrollo mayor a cualquiera de las Mezclas utilizadas. La planta control tuvo 24 hojas, para un desarrollo de 60% de número foliar en comparación con las plantas de la Mezcla 1 (25/75), la cual desarrolló 15 hojas. Por otro lado, la Planta control tuvo un crecimiento en su desarrollo foliar de 118% en comparación con las plantas sembradas en la Mezcla 2 (50/50) y en la Mezcla 3 (10/90), en las cuales desarrollaron 11 hojas cada una.

Cuadro 8 -Número foliar Gerbera jamesonii

FECHA	T 1 (25:75)	T 2 (50:50)	T 3 (10:90)	Planta control
17/11/03	5	5	5	5
25/11/03	5	5	5	5
04/12/03	7	6	7	7
8/12/03	7	7	7	8
17/12/03	9	8	9	10
26/12/03	10	9	9	13
21/01/04	15	11	11	24

Como se puede observar en estos resultados, ninguna de las mezclas tuvo un número foliar completamente satisfactorio frente a la Planta Control. Algunas de las plantas sembradas en las mezclas tuvieron un tiempo de florecida, sin embargo su apariencia general no fue satisfactoria en términos comerciales, ya que el desarrollo de hojas saludables no ocurrió, a excepción de las plantas sembradas con la Mezcla 1 (25:75).

Figura 25 - Desarrollo foliar Gerbera



Las plantas sembradas en la Mezcla 1, las cuales tenían una proporción de 25%/75% (relación biosólidos/turba), fueron las que mejor reaccionaron, porque aunque desplegaron 60% menos cantidad de hojas que la Planta control; la apariencia de las plantas fue “aceptable”, en comparación con las demás mezclas.

Figura 26- Desarrollo foliar Gerbera jamesonii

a) Gerbera Mezcla 1



b) Gerbera Planta control



Como se puede observar en la Figura 26, aunque las plantas se observan similares, la Planta Control desarrolló mayor cantidad de hojas, mayor número de inflorescencia y un mayor tamaño en sus flores.

4.3.2 Aspecto general

En términos generales, la Mezcla 1 (25:75) resultó ser la mejor mezcla a usar para fines de valor comercial para la planta, esto es que posean las características deseables que se buscan en las Gerberas. Se observó que las plantas sembradas en la Mezcla 2 (50:50), las cuales contenían una proporción de (50:50) en su relación biosólidos/turba, resultó en pobre crecimiento de la planta, desarrollo de hojas pequeñas, amarillentas, escasas y retardación en el tiempo de florecida (Figura 27)

Figura 27- Desarrollo foliar Gerbera jamesonii- Mezcla 2



En términos del valor comercial, la Mezcla 2 (50/50) no resultó adecuada, ya que a mayor cantidad de biosólidos disponibles en el tiesto, menor es la capacidad de la planta de desarrollarse a tiempo en base de las características deseadas para las Gerberas. Por otro lado, la Mezcla 3 (10/90), aunque obtuvo la misma cantidad de hojas en su desarrollo que la Mezcla 2 (50/50), presentó mejor apariencia en sus hojas y flores en buen estado. Esta mezcla puede considerarse como adecuada para la producción comercial de Gerberas. O sea, mayor cantidad de biosólidos en este cultivo, peor fue el desarrollo de la Gerbera.

A. Estudio económico

El estudio económico se realizó con el propósito de evaluar la utilización de diferentes proporciones de biosólidos municipales compostados en la producción de cultivos ornamentales. Para esto se realizó un presupuesto general en donde se especifica en promedio los gastos incurridos por un agricultor en la producción de diferentes cultivos. También se realizó un presupuesto parcial para la Euphorbia pulcherrima por tratamiento en donde

se estima la diferencia en gastos cuando el agricultor hace uso del biosólido sustituyendo la turba en el cultivo.

4.4 Euphorbia pulcherrima

En este presupuesto se presentan los ingresos y gastos promedios incurridos en la producción de pascuas. Estos gastos se estimaron para la producción de 10,825 plantas de pascuas desglosadas de la siguiente manera: 8,225 plantas sembradas en tiestos o envases de 6", 600 plantas en envases de 2 galones, 300 plantas en envases de 1.5 galones y 1,700 plantas en envases de 10" (canastas). Este número de plantas se tomó en promedio de lo que representaría una producción de pequeña a mediana de plantas de pascua realizada por los agricultores. El tiempo de producción es de julio hasta noviembre. En el Cuadro 9 se presentan los ingresos y gastos incurridos en la producción de pascuas para las plantas control, las cuales fueron sembradas en su totalidad en turba, que es el medio utilizado por los agricultores.

Como se puede observar en el Cuadro 9, uno de los gastos más significativos en la producción de pascuas es el medio de cultivo utilizado, en este caso la turba. Para determinar el costo en que incurre el agricultor con el biosólido que es el medio de cultivo alternativo, es necesario realizar una conversión, ya que los biosólidos se venden en metros cúbicos (m³) y las balas de turba se venden en pies cúbicos (p³).

Cambiando el metro cúbico de biosólido a la medida de bala, encontramos que: $1 \text{ bala} = 6 \text{ p}^3$; mientras que $1 \text{ m}^3 = 36.92 \text{ p}^3$;

Por tanto, para determinar la cantidad de balas que se encuentran en un p^3 de biosólido:

$$36.92 \text{ p}^3 / 6 \text{ p}^3 (1 \text{ bala}) = 6.15 \text{ p}^3$$

O sea, hay aproximadamente 6 balas en un metro cúbico. Si el precio de un metro cúbico de biosólido es de \$14, entonces una bala de biosólido sería:

$$\$14 * \text{m}^3 / 6 = \$2.33 \text{ costo bala de biosólido}$$

Cuadro 9 –Presupuesto Euphorbia pulcherrima sembrada en turba (Control)

Ingresos	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Venta pascuas	6"	8225	\$ 2.50	\$ 20,562.50
Venta pascuas	10"	1700	\$ 5.00	\$ 8,500.00
Venta pascuas	1.5 galones	300	\$ 6.00	\$ 1,800.00
Venta pascuas	2 galones	600	\$ 8.00	\$ 4,800.00
Subsidio salarial	horas	468	\$ 2.12	\$ 992.16
TOTAL INGRESOS				\$ 36,654.66
Gastos	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Agua	galones	50,000	\$0.002457	\$122.85
Electricidad	mensual	3	\$60.00	\$180.00
Mano de obra	mensual	3	\$2400.00	\$7200.00
Pascuas	Plántulas	10,825	\$.50	\$5412.50
Obligaciones patronales	Nómina	25.0%		\$1800.00
<u>Medio de cultivo</u>				
Pro Mix+Peat Moss	balas	113	\$20.00	\$2260.00
<u>Fertilizantes</u>				
Osmocote	Sacos	2	\$60.00	\$120.00
Abono 20-20-20	50 lbs	10	\$18.50	\$185.00
<u>Plaguicidas</u>				
Marathon	c/u	7	\$113.00	\$791.00
Avid	c/u	1	\$285.00	\$285.00
Orthen	c/u	2	\$36.00	\$72.00
Ridomil	c/u	1	\$115.00	\$115.00
Banner	c/u	1	\$55.00	\$55.00
Admire	c/u	2	\$75.00	\$150.00
<u>Materiales</u>				
Tiestos	6"	8225	\$.13	\$1069.25
Tiestos	1.5 galones	300	\$.25	\$75.00
Tiestos	2 galones	600	\$.35	\$210.00
Canastas	10"	1700	\$.43	\$731.00
Empaque bolsas	6"	9000	\$.13	\$1170.00
Empaque bolsas	10"	2000	\$.18	\$360.00
Empaque bolsas	2 galones	1000	\$.18	\$180.00
Cajas	c/u	1000	\$.50	\$500.00
TOTAL GASTOS				\$23,043.60
GANANCIA PROMEDIO				\$13,611.06

Es importante realizar estas conversiones antes de estimar los costos en que incurre el agricultor al utilizar las proporciones establecidas en el

proyecto. Para conocer la diferencia en costos entre las plantas control y las plantas sembradas a diferentes proporciones, se sustituye solamente la partida de medio de cultivo, permaneciendo los demás gastos constantes. En el Cuadro 10, se observa que para las plantas sembradas en proporción de 10/90 (10% biosólido: 90% turba); la cual es la mezcla en donde se utilizó la cantidad más baja de biosólido, se encontró que al hacer la sustitución, la cantidad de balas de turba a utilizarse para la misma cantidad de plantas sembradas es de 102 balas de turba y 11 balas de biosólidos. Entonces, el costo incurrido en la partida de medio de cultivo con la mezcla 3 (10/90) es de \$2,065.63. A diferencia del costo en la producción de las plantas control el cual es de \$2,260 representa un ahorro de \$194.37. Cuando se presentan los ingresos totales, representados por la venta de pascuas y el subsidio salarial, lo cual totaliza \$36,654.66 y los gastos totales los cuales son de \$22,849.23 se obtiene una ganancia promedio de \$13,805.43

Cuadro 10 –Presupuesto Euphorbia pulcherrima sembrada en mezcla 3 (10/90) biosólidos/ turba ⁵

Ingresos	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Venta pascuas	6"	8225	\$ 2.50	\$ 20,562.50
Venta pascuas	10"	1700	\$ 5.00	\$ 8,500.00
Venta pascuas	1.5 galones	300	\$ 6.00	\$ 1,800.00
Venta pascuas	2 galones	600	\$ 8.00	\$ 4,800.00
Subsidio salarial	horas	468	\$ 2.12	\$ 992.16
TOTAL INGRESOS				\$ 36,654.66
Gastos	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Agua	galones	50,000	\$0.002457	\$122.85
Electricidad	mensual	3	\$60.00	\$180.00
Mano de obra	mensual	3	\$2400.00	\$7200.00
Pascuas	Plántulas	10,825	\$.50	\$5412.50
Obligaciones patronales	Nómina	25.0%		\$1800.00
<u>Medio de cultivo</u>				
Pro Mix+Peat Moss	Balas	102	\$20.00	\$2040.00
Pro Mix/Biosólido	Balas	11	\$2.33	\$25.63
<u>Fertilizantes</u>				
Osmocote	Sacos	2	\$60.00	\$120.00
Abono 20-20-20	50 lbs	10	\$18.50	\$185.00
<u>Plaguicidas</u>				
Marathon	c/u	7	\$113.00	\$791.00
Avid	c/u	1	\$285.00	\$285.00
Orthen	c/u	2	\$36.00	\$72.00
Ridomil	c/u	1	\$115.00	\$115.00
Banner	c/u	1	\$55.00	\$55.00
Admire	c/u	2	\$75.00	\$150.00
<u>Materiales</u>				
Tiestos	6"	8225	\$.13	\$1069.25
Tiestos	1.5 galones	300	\$.25	\$75.00
Tiestos	2 galones	600	\$.35	\$210.00
Canastas	10"	1700	\$.43	\$731.00
Empaque bolsas	6"	9000	\$.13	\$1170.00
Empaque bolsas	10"	2000	\$.18	\$360.00
Empaque bolsas	2 galones	1000	\$.18	\$180.00
Cajas	c/u	1000	\$.50	\$500.00
TOTAL GASTOS				\$22,849.23
GANANCIA PROMEDIO				\$13,805.43

⁵ En todos los presupuestos para el medio de cultivo a diferentes proporciones de mezcla, no está incluido el costo por acarreo.

Cuadro 11 –Presupuesto Euphorbia pulcherrima en mezcla 1 (25/75)
Biosólido/ turba

Ingresos	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Venta pascuas	6"	8225	\$ 2.50	\$ 20,562.50
Venta pascuas	10"	1700	\$ 5.00	\$ 8,500.00
Venta pascuas	1.5 galones	300	\$ 6.00	\$ 1,800.00
Venta pascuas	2 galones	600	\$ 8.00	\$ 4,800.00
Subsidio salarial	horas	468	\$ 2.12	\$ 992.16
TOTAL INGRESOS				\$ 36,654.66
Gastos	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Agua	galones	50,000	\$0.002457	\$122.85
Electricidad	mensual	3	\$60.00	\$180.00
Mano de obra	mensual	3	\$2400.00	\$7200.00
Pascuas	Plántulas	10,825	\$.50	\$5412.50
Obligaciones patronales	Nómina	25.0%		\$1800.00
<u>Medio de cultivo</u>				
Pro Mix+Peat Moss	Balas	85	\$20.00	\$1700.00
Pro Mix/Biosólido	Balas	28	\$2.33	\$65.24
<u>Fertilizantes</u>				
Osmocote	Sacos	2	\$60.00	\$120.00
Abono 20-20-20	50 lbs	10	\$18.50	\$185.00
<u>Plaguicidas</u>				
Marathon	c/u	7	\$113.00	\$791.00
Avid	c/u	1	\$285.00	\$285.00
Orthen	c/u	2	\$36.00	\$72.00
Ridomil	c/u	1	\$115.00	\$115.00
Banner	c/u	1	\$55.00	\$55.00
Admire	c/u	2	\$75.00	\$150.00
<u>Materiales</u>				
Tiestos	6"	8225	\$.13	\$1069.25
Tiestos	1.5 galones	300	\$.25	\$75.00
Tiestos	2 galones	600	\$.35	\$210.00
Canastas	10"	1700	\$.43	\$731.00
Empaque bolsas	6"	9000	\$.13	\$1170.00
Empaque bolsas	10"	2000	\$.18	\$360.00
Empaque bolsas	2 galones	1000	\$.18	\$180.00
Cajas	c/u	1000	\$.50	\$500.00
TOTAL GASTOS				\$22,548.84
GANANCIA PROMEDIO				\$14,105.82

En el Cuadro 11, al hacer la sustitución de turba con biosólidos en la proporción 25:75 (25% biosólidos,75% turba) el costo total del medio de cultivo es de \$1765.24, obteniendo un ahorro neto de \$494.76 en comparación con \$2260.00, que es el costo del medio para las plantas control. Al observar los costos totales de producción en este cuadro, los cuales ascienden a \$22,548.84 y revisando los ingresos de \$36,654.66 se obtiene una ganancia neta de \$14,105.82.

En el Cuadro 12, realizando la sustitución del medio de cultivo en proporción de 50:50 (50% biosólidos/ 50% turba) el costo total del medio es de \$1261.65, en donde se obtiene un ahorro neto de \$998.35, en comparación con \$2260.00 que es el costo del medio para las plantas control (Cuadro 9).

Como se puede observar en el análisis, según aumenta la cantidad de biosólidos en la mezcla de cultivo, mayor es el ahorro obtenido en el costo del medio de cultivo.

Cuadro 12 –Presupuesto Euphorbia pulcherrima en mezcla 2 (50/50)
Biosólido/ turba

Ingresos	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Venta pascuas	6"	8225	\$ 2.50	\$ 20,562.50
Venta pascuas	10"	1700	\$ 5.00	\$ 8,500.00
Venta pascuas	1.5 galones	300	\$ 6.00	\$ 1,800.00
Venta pascuas	2 galones	600	\$ 8.00	\$ 4,800.00
Subsidio salarial	horas	468	\$ 2.12	\$ 992.16
TOTAL INGRESOS				\$ 36,654.66
Gastos	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Agua	galones	50,000	\$0.002457	\$122.85
Electricidad	mensual	3	\$60.00	\$180.00
Mano de obra	mensual	3	\$2400.00	\$7200.00
Pascuas	Plántulas	10,825	\$.50	\$5412.50
Obligaciones patronales	Nómina	25.0%		\$1800.00
<u>Medio de cultivo</u>				
Pro Mix+Peat Moss	Balas	56.5	\$20.00	\$1130.00 } 
Pro Mix/Biosólido	Balas	56.5	\$2.33	\$131.65 }
<u>Fertilizantes</u>				
Osmocote	Sacos	2	\$60.00	\$120.00
Abono 20-20-20	50 lbs	10	\$18.50	\$185.00
<u>Plaguicidas</u>				
Marathon	c/u	7	\$113.00	\$791.00
Avid	c/u	1	\$285.00	\$285.00
Orthen	c/u	2	\$36.00	\$72.00
Ridomil	c/u	1	\$115.00	\$115.00
Banner	c/u	1	\$55.00	\$55.00
Admire	c/u	2	\$75.00	\$150.00
<u>Materiales</u>				
Tiestos	6"	8225	\$.13	\$1069.25
Tiestos	1.5 galones	300	\$.25	\$75.00
Tiestos	2 galones	600	\$.35	\$210.00
Canastas	10"	1700	\$.43	\$731.00
Empaque bolsas	6"	9000	\$.13	\$1170.00
Empaque bolsas	10"	2000	\$.18	\$360.00
Empaque bolsas	2 galones	1000	\$.18	\$180.00
Cajas	c/u	1000	\$.50	\$500.00
TOTAL GASTOS				\$22,045.25
GANANCIA PROMEDIO				\$14,609.41

Cuadro 13

Costo por envase a diferentes proporciones de mezcla para una bala

Tamaño envase	Tiestos por bala ⁶	Medio control	10/90	25/75	50/50
6"	108	0.19	0.17	0.14	0.10
10"	44	0.45	0.41	0.35	0.25
1.5 galones	24	0.83	0.76	0.65	0.47
2 galones	12	1.67	1.52	1.30	0.93

Es importante para el agricultor conocer sus costos por unidad, ya que esto le permite decidir las cantidades que puede producir. En este caso, para las unidades de envase utilizadas en el proyecto se determinó cuanto serían sus costos por cada bala utilizada. La cantidad de tiestos por bala mencionada corresponde a la cantidad de envases que se pueden llenar con una bala de medio de cultivo. Como se puede observar, una bala de medio puede llenar 108 envases de 6", lo cual representaría un costo de 0.19¢ por envase si es utilizada la turba como medio de cultivo. Como ejemplo, si el agricultor utiliza la Mezcla 10/90, el costo para el mismo envase sería de 0.17¢, si utiliza la Mezcla 25/75 sería de 0.14¢ por envase y si utiliza la Mezcla 50/50 tendría un costo de 0.10¢ por envase.

Mientras, el costo por bala para la turba y una bala con la mezcla a diferentes proporciones sería el siguiente:

⁶ La cantidad de tiestos indicada que se pueden llenar con una bala (6p³) de medio de cultivo, según el libro Greenhouse Management de Paul V. Nelson, 2005.

Cuadro14

Costo por bala para medio de cultivo mezclado a diferentes proporciones

Costo por bala	Medio control (turba)	90/10	75/25	50/50
Costo por bala	\$ 20.00	\$18.23	\$15.58	\$11.17
BMC = \$2.33				

Una bala del medio utilizado actualmente, peat moss o turba tiene un costo de aproximadamente \$20.00, mientras que una bala de medio de cultivo mezclado a proporción de 90/10 (90% turba/ 10% biosólidos) sería de \$18.23. Si la proporción utilizada es de 75/25 (75% turba/ 25% biosólidos), el costo sería de \$15.58, mientras que utilizando la proporción de 50/50 (50% turba/50% biosólidos) el costo de la bala sería de \$11.17. Como se puede observar, el costo para el agricultor al utilizar las diferentes proporciones de medios de cultivo es mucho menor en comparación con el costo del medio actual.

Cuadro15

Ahorro por bala para medio de cultivo mezclado a diferentes proporciones

Tamaño Envase	Costo medio control	Ahorro mezcla	Ahorro mezcla	Ahorro mezcla
		90/10	75/25	50/50
6"	0.19	0.02	0.04	0.08
10"	0.45	0.04	0.10	0.20
1.5 galones	0.83	0.07	0.18	0.37
2 galones	1.67	0.15	0.37	0.74

Si se hace una comparación entre el Cuadro 13 y el Cuadro 15, se observa que dado el costo de por envase a diferentes proporciones de la mezcla de medio de cultivo, se estima un ahorro de aproximadamente 0.02¢ por envase para un tamaño de tiesto de 6" si se utiliza la mezcla 90:10 (90% turba / 10% biosólidos); 0.04¢ por envase si se utiliza la mezcla 75:25 (75% turba/ 25% biosólidos) y 0.08¢ por envase si se utiliza la mezcla en la proporción 50:50 (50% turba/ 50% biosólidos). Según aumenta el tamaño del envase y la cantidad de biosólidos utilizada, mayor es el ahorro por envase.

V. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES

5.1 Conclusiones

Las conclusiones a las que se llegó en este estudio fueron las siguientes:

1. Las plantas leñosas y semi- leñosa como las pascuas fueron más tolerantes a proporciones mayores de biosólidos que las plantas de tipo herbácea como las vincas y margaritas africanas; ya que se desarrollaron de forma óptima en comparación con la planta control a mayor proporción de biosólidos aplicados.
2. El tamaño en altura de las pascuas identificadas como las plantas control fue mayor que las plantas sembradas en todas las proporciones, para ambas replicaciones. Sin embargo, la altura excesiva no es una característica deseable en las pascuas, ya que dificulta su manejo y causa vidriosidad.
3. El desarrollo foliar en las pascuas sembradas en la Replicación A fue mayor para las plantas sembradas en el tratamiento 1 y 3, que la planta control, mientras que las plantas sembradas en el tratamiento 2, las cuales tenían la mayor cantidad de biosólidos, tuvieron 2 hojas menos en crecimiento que las plantas control.
4. En la Replicación B, en donde las pascuas están en un tamaño de tiesto mayor, el desarrollo foliar mayor se encontró en las plantas sembradas en el tratamiento 2, seguido del tratamiento 3. Por tanto, a mayor tamaño de la planta de pascua, mayor fue el desarrollo foliar utilizando la proporción mayor de biosólidos de proyecto.

5. En cuanto al aspecto general de las plantas de pascua, las que se sembraron en la Replicación A, que son plantas en primera etapa de transplante, las que tuvieron un mejor aspecto fueron las sembradas en el tratamiento 1 y 3 en comparación con la planta control y el tratamiento 2.

6. Las plantas *Catharanthus roseus* fueron menos tolerantes a las altas concentraciones de biosólidos en su mezcla de cultivo. La proporción de 10% fue la que tuvo mayor cantidad de hojas y una apariencia sobresaliente a las plantas sembradas en las demás proporciones y que la planta control.

7. Las plantas *Gerbera*, tuvieron un resultado similar a la *Catharanthus*, en donde las plantas sembradas en el tratamiento 1 y 3 resultaron con mayor desarrollo foliar y mejor apariencia que las plantas sembradas en el tratamiento 2 y planta control, lo que es aceptable, ya que al igual que la *Catharanthus* se trata de plantas leñosas, que no tienen una aparente alta tolerancia a las mezclas de biosólidos.

8. Los biosólidos municipales compostados en plantas ornamentales pueden ser una alternativa viable para los agricultores de esta industria, ya que es un medio que está disponible, cumple con parámetros de calidad establecidos por la EPA y por las agencias reguladoras de Puerto Rico como la Junta de Calidad Ambiental, Departamento de Recursos Naturales y la Autoridad de Desperdicios Sólidos.

9. Las tres proporciones utilizadas en este experimento demostraron ser una alternativa económica para los agricultores, ya que en todas se observa ahorro en comparación con las plantas control.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda estudios posteriores en donde se le de seguimiento al desarrollo de las plantas sembradas en este estudio en distintas condiciones.
2. Incluir en el estudio una mayor variedad de plantas, ya que la empresa ornamental se compone de una gran cantidad de plantas, en donde se haga un escogido de las plantas de mayor producción en P.R.
3. Realizar el estudio con diferentes proporciones y una mayor cantidad de repeticiones en donde se realicen estudios económicos posteriores para determinar su viabilidad.
4. Divulgar la información obtenida con los agricultores y realizar orientaciones en cuanto a las ventajas obtenidas con el uso de biosólidos en las siembras de plantas ornamentales.
5. Se recomienda la utilización de biosólidos compostados en bajas proporciones para las plantas herbáceas de primer y segundo transplante; mientras que para las plantas leñosas y semi- leñosas se recomienda la utilización de biosólidos en proporciones bajas para las plantas en su primera etapa de transplante y en proporciones altas o de hasta un 50% para las plantas leñosas y semi- leñosas en su etapa de segundo transplante.

5.3 Limitaciones del estudio

El estudio para determinar las alternativas de medio de cultivo orgánico para plantas ornamentales contó con las siguientes limitaciones:

1. Tiempo - el factor tiempo fue bastante limitante para este estudio, aunque se trabajó en la toma de datos por seis meses aproximados, debido a la variedad de plantas disponibles para trabajar, fue poco el tiempo que se pudo dedicar específicamente por planta y no se pudo trabajar con una mayor cantidad de plantas o variedades.

2. - Variedad de plantas- las variedades disponibles en la industria ornamental es bastante extensa y se escogió un grupo pequeño de plantas, ya que a mayor cantidad de plantas, implicaba una cantidad mayor de espacio para el estudio y el espacio en los viveros de producción es limitado.

3. - Recursos- el estudio se hizo con dos replicaciones, lo que significa que dos agricultores estuvieron dispuestos a permitir que se realizara el trabajo en sus fincas.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, A.R. 1993. *Peat Moss in Nova Scotia*. Department of Natural Resources Branch. Information Circular ME 18, Second Edition.
www.gov.ns.ca/natr/meb/ic/ic18.html
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. 2004. *Planta de Composta de Arecibo*. Área de Operaciones e Ingeniería. Folleto Informativo
- Bruce, Hank. 1997. *What is Horticultural Therapy?* Florida Chapter of the American Horticultural Therapy Association.
www.fahta.org/WhatsHortTher.html
- Clapp, C. E., W. E. Larson, and R. H. Dowdy. 1994. *Sewage Sludge: Land utilization and the environment*. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, WI 258.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. *Compendio Estadístico 2001*. Oficina de Estadísticas Agrícolas de Puerto Rico. Santurce, Puerto Rico 1960/61; 2000/01.
- _____. *Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico*. Oficina de Estadísticas Agrícolas de Puerto Rico. Santurce, Puerto Rico 1960/61; 2004/05.
- Hoitink, H. A. J. 1994 a. *Beneficial effects induced by composted biosolids in horticultural crops*: pg. 95-100. In: *Sewage sludge: Land utilization and the environment*. C. E. Clapp, W. E. Larson and R. H. Dowdy (eds). SSSA Misc. Publication. 258 Pgs.
- Hoitink, H. A. J. and D. M. Maronek. 1986 b. *Composted municipal sludge - a review of research and demonstration trials*. Buckeye Nurserymen's Research Update. June 1986, pg. 1-8.
- Hoitink, H.A.J., Rose, M.A., Zondag, R.A. 1997 c. *Composted Biosolids: An Ideal Organic Amendment for Container Media Supplying Both Nutrients and Natural Suppression of Root Rots*. Annual Reports and Research Reviews. Extension Research Bulletin. University of Ohio.
http://www.ohioline.osu.edu/sc154/sc154_15.html
- Hoitink, H.A.J., Rose, M.A., Zondag, R.A. 1997 d. *Properties of Materiales Available for formulation of High Quality Container Media*. Annual Reports and Research Reviews. Extension Research Bulletin. University of Ohio.
http://www.ohioline.osu.edu/sc154/sc154_14.html

- Inbar, Y., Y. Hadar, y Y. Chen. 1993. *Waste Management (Recycling of cattle manure: The composting process and characterization of maturity)*. Journal of Environ. Qual. 22:857-863.
- Jiménez, A.1995. *Segmentación del Mercado de flores de corte y plantas ornamentales a base de variables demográficas y de comportamiento en algunos pueblos del área oeste de Puerto Rico*. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.
- Ku, C.S.M., Bouwkamp J.C. y Gouin F.R. 1998. *Effects of compost source and timing of fertigation initiation on growth of poinsettia*. Compost Science & Utilization. Vol 6 No.4: 57-66.
- Kuter, G. A., H. A. J. Hoitink , and Chen W. 1988. Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of Pythium and Rhizoctonia diseases of ornamental plants. Plant Disease 72:751-756.
- Lamanna, D., M. Castelnuovo, G. D'Angelo Fondazione. 1991. *Compost-based media as alternative to peat on ten pot ornamentals*. Acta Hortic. 294:125-129.
- Librán, M., Vázquez J.C., Sotomayor D. 2000. *Evaluation of Geraniums Pelargonium hortorum stock plant production grown in three organic growing medium and under three N levels*. University of Puerto Rico. In preparation.
- Librán, M., Wilson, S.B., González, L. 2000. *Alternatives to peat for container-grown tropical ornamentals and nutrient practices*. University of Puerto Rico. In preparation.
- López-Blanco, M. 2000. Medicina Complementaria- *Terapia Hortícola: "Una técnica que cura a los enfermos en el jardín"*. El Mundo. 20 de mayo, 2000, número 388. [http:// www.el-mundo.es/salud/2000/388/00809.html](http://www.el-mundo.es/salud/2000/388/00809.html)
- Mendoza, M. 2000. *Empresa de plantas ornamentales*. Servicio de Extensión Agrícola. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.
- Molfese, Victoria J. *Groundwater Bulletin*. Illinois Groundwater Consortium. (Newsletter from Illinois Water Survey), 1993.
- Rose, M.A., Hoitink, H.A.J., Zondag, R.A. 1996. *Composted Biosolids II: Trials on the Ohio State University Campus*. Annual Reports and Research Reviews. Extension Research Bulletin. University of Ohio. http://www.ohioline.osu.edu/sc154/sc154_16.html

Siminis, H.I. y V. I. Manios. 1990. *Mixing peat with MSW compost*. Biocycle. Nov., p. 60-61.

Sotomayor- Ramírez D., Román Paoli E. y Rivera L.E. 2000. *Tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) response to biosolid yard- waste compost*. Caribbean Food Crops Society, 36th annual meeting 2000, Boca Chica, Dominican Republic.

Tagro, Tacoma Public Works Department. 2005. *Tagro, City of Tacoma*. Enviromental Services Wastewater Management. City of Tacoma, Washington. <http://www.ci.tacoma.wa.us/tagro/howitsmade.htm>

U.S Department of Agriculture. 2004. *Puerto Rico 2002 Census of Agriculture*. National Agriculture Statistics Service.

Virginia Department of Health. 1999. The Biosolids LifeCycle. Division of Wastewater Engineering. [http:// www.biosolids.state.va.us/index.html](http://www.biosolids.state.va.us/index.html)

APÉNDICES

Apéndice 1 Tabla de gastos operacionales en la producción de plantas

Jardín: _____

(Toda información provista en esta hoja se utilizará para uso exclusivo de análisis financiero de la tesis de Belckys J. Alvarado Dávila y es estrictamente confidencial)

Insumo	Cantidad utilizada (aproximadamente)	Costo	Total
Renta terreno			
Agua			
Electricidad			
Mano de obra			
Pascuas (pántulas)			
Tiestos 6"			
Tiestos 1 galón			
Tiestos 1.5 galones			
Canastas 10 "			
Peat Moss/ Pro Mix			
Fertilizantes			
-			
-			
Plaguicidas			
-			
-			
Otros gastos			

Apéndice 2 Producción pascuas tiestos de 6"- Replicación A



Apéndice 3 Pascuas sembradas en diferentes medios

De izquierda a derecha al frente:

Pascua sembrada en Mezcla (75:25), pascua sembrada en Mezcla 2 (50:50)

Atrás: Pascua sembrada en Mezcla 3 (90:10) y planta control



Apéndice 4 Producción de Gerberas



Apéndice 5 Producción de Gerberas sembradas en Mezcla 3 y plantas control



Apéndice 6 Gerbera sembrada en la Mezcla 1 (25:75) biosólidos:turba



Apéndice 7 Gerbera sembrada en la Mezcla 2 (50:50)



Apéndice 8 Gerbera sembrada en la Mezcla 3 (10:90) biosólidos:turba



Apéndice 9 Gerbera Control sembrada sólo en turba



Apéndice 10 Producción de Gerberas sembradas en la Mezcla 1



Apéndice 11 Catharanthus roseus sembrada en la Mezcla 1 (25:75)

biosólidos:turba



Apéndice 12 Catharanthus roseus sembrada en la Mezcla 2 (50:50)

biosólidos:turba



Apéndice 13 Vinca spp sembrada en la Mezcla 3 (10:90) biosólidos:turba



Apéndice 14 Vinca spp control



Apéndice 15 Plantas de Catharanthus sembradas en Mezclas y control



Apéndice 16 Producción de Catharanthus



Apéndice 17 –Ahorro por planta utilizando la proporción 10:90 para 10,825 plantas sembradas por agricultor

tamaño envase planta	ahorro neto	cantidad de plantas	ahorro por planta ⁷
Tiesto 6"	\$ 194.37	8225	\$0.02
Tiesto 1.5 galones	\$ 194.37	300 ⁸	\$0.65
Tiesto 2 galones	\$ 194.37	600	\$0.32
Canasta 10"	\$ 194.37	1700	\$0.11

Apéndice 18 –Ahorro por planta utilizando la proporción 25:75 para 10,825 plantas sembradas por el agricultor

tamaño envase planta	ahorro neto	cantidad de plantas	ahorro por planta
Tiesto 6"	\$ 494.76	8225	\$0.06
Tiesto 1.5 galones	\$ 494.76	300	\$1.65
Tiesto 2 galones	\$ 494.76	600	\$0.82
Canasta 10"	\$ 494.76	1700	\$0.29

⁷ Ahorro por planta = Ahorro Neto/ Cantidad de plantas

⁸ Esta cantidad no refleja la cantidad de envases que se llenan para este tamaño, sino la cantidad que el agricultor decidió sembrar.

Apéndice 19 –Ahorro por planta utilizando la proporción 50:50 para 10,825 plantas sembradas por el agricultor

tamaño envase planta	ahorro neto	cantidad de plantas	ahorro por planta
Tiesto 6”	\$ 998.36	8225	\$0.12
Tiesto 1.5 galones	\$ 998.36	300	\$3.33
Tiesto 2 galones	\$ 998.36	600	\$1.66
Canasta 10”	\$ 998.36	1700	\$0.59

Apéndice 20 –Ahorro neto por tratamiento para 10,285 plantas de pascua sembradas por el agricultor

costo control	tratamiento	costo tratamiento	ahorro neto
\$2260	10:90	\$2065.63	\$194.37
\$2260	25:75	\$1765.24	\$494.76
\$2260	50:50	\$1261.65	\$998.36

Apéndice 21- Fórmulas

- * **Tiestos por bala** = cantidad de tiestos que se pueden llenar con una bala según el Libro Greenhouse Operation & Management
- * **Costo por bala** = costo de bala mezclada según las proporciones del estudio
- * **Costo por envase/mezcla/bala** = **Costo por bala/ tiestos por bala**
- * **Ahorro por envase/mezcla/bala** = **Costo por envase/mezcla/bala Control - Costo por envase/mezcla/bala Tratamiento**