

Evaluación de abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos para el desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo el sistema de cultivo protegido en Panamá

KATIUSKA DAMIANA ANDREW VEGA

CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS
AGRICULTURA ECOLOGICA**

**Evaluación de abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos para el desarrollo de
plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo el sistema de cultivo
protegido en Panamá.**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgraduados, Programa de Educación para el
Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae

Por
Katuska Damiana Andrew Vega

CATIE
Turrialba, Costa Rica
2002

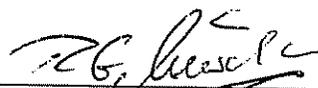
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

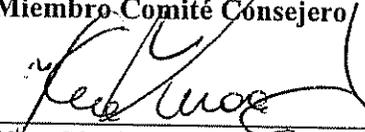
FIRMANTES:



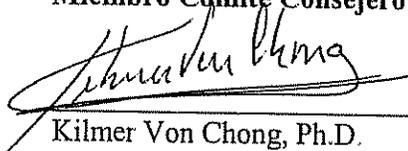
Alba Stella Riveros, Ph.D.
Consejero Principal



Reinhold Muschler, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Vera Sánchez, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Kilmer Von Chong, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Suichi Okumoto, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Ali Moslemi, Ph.D.
**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



Katiuska Damiana Andrew Vega
Candidata

DEDICATORIA

Muy especialmente a Dios Todopoderoso por guiar mis pasos, por darme la sabiduría, la salud y la perseverancia para lograr mis metas.

A mis queridos padres George y Damiana, a quienes debo lo que soy, por ser los pilares de mi vida, por sus sabios consejos y su constante espíritu de fé inquebrantable con el que me han transmitido su apoyo moral y espiritual para seguir adelante.

A mis hermanos Palixena, Yoryi y Zeuxis por *la unión que nos hace fuertes*, porque nunca me han dejado sola y me han acompañado en todo momento como una gran familia.

A mis bellos sobrinos Yormary, Yoryito y Maryori, quienes son la alegría de nuestra familia y por quienes luchamos para ofrecerles un futuro mejor.

A mis tías Arcely, María, Bélgica y Silvia, quienes siempre me han brindado su cariño y apoyo

A mi esposo José Luis, con amor, por su apoyo incondicional en el transcurso de mis estudios y en todo momento, el cual fue fundamental para la culminación de mis estudios.

AGRADECIMIENTO

A nuestro Padre Celestial, quien siempre ha estado conmigo...

A los miembros de mi comité asesor de tesis:

A la Dra. Alba Stella Riveros, quien fungió como asesora principal, por su dedicación, preocupación y acertados aportes para que iniciara y concluyera con éxito esta investigación.

Al Dr. Reinhold Muschler, por su valiosa colaboración en mi proceso de enseñanza y durante la elaboración de este trabajo de investigación.

A la Dra. Vera Sánchez, por su disponibilidad de ayuda, por sus valiosos conocimientos y orientaciones durante el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Kilmer Vong Chong, por su apoyo permanente, por sus consejos y dedicación durante todo el trabajo experimental y por su amistad.

Al MSc. Suichi Okumoto, por su colaboración, comentarios y sugerencias.

Al personal administrativo y técnico del Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG)- IDIAP Panamá, por el apoyo y atenciones recibidas en todas las etapas de ejecución de este trabajo de investigación, quienes siempre me brindaron una mano amiga dispuesta a colaborar en todo momento.

A todos los profesionales del CATIE que se esfuerzan en dar lo mejor de sí, en especial al personal de la Biblioteca ORTON quienes aportan para el éxito académico de los estudiantes.

A mis compañeros de la promoción 2001-2002, especialmente aquellos amigos que llegaron a ocupar un lugar muy importante en mi vida: Arlen, Fabiola, Adriana, Elsy, Jorge, Olivier, Luis, Rodrigo, Pedro, Carcache y Lester, por los momentos compartidos, quienes contribuyeron al enriquecimiento de mi formación profesional y cultural.

A TODOS MIL GRACIAS...

CONTENIDO

| | |
|--|------|
| PAGINA DE APROBACIÓN..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| CONTENIDO..... | v |
| RESUMEN..... | vii |
| SUMMARY..... | ix |
| INDICE DE CUADROS..... | xi |
| INDICE DE FIGURAS..... | xiii |
| | |
| 1. INTRODUCCION..... | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.1.1 Objetivos generales..... | 4 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.2 HIPÓTESIS..... | 4 |
| | |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 5 |
| 2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TOMATE..... | 5 |
| 2.1.1 Origen y descripción botánica del cultivo..... | 5 |
| 2.1.2 Fenología y exigencias de clima y suelo..... | 5 |
| 2.1.3 Importancia socioeconómica del cultivo de tomate en Panamá..... | 6 |
| 2.2 MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO..... | 8 |
| 2.2.1 Biodiversidad del suelo..... | 8 |
| 2.2.2 La materia orgánica del suelo..... | 10 |
| 2.2.3 Manejo de desechos sólidos orgánicos mediante compostaje..... | 12 |
| 2.2.4 Calidad de los abonos orgánicos..... | 14 |
| 2.3 BIOFERTILIZANTES LÍQUIDOS..... | 19 |
| 2.3.1 Tipos de biofertilizantes utilizados en la agricultura orgánica..... | 20 |
| 2.3.2 Microorganismos eficaces (EM)..... | 22 |
| 2.3.3 Importancia de abonos orgánicos y biofertilizantes en el manejo de las enfermedades y como promotores de crecimiento vegetal..... | 22 |
| | |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 24 |

| | |
|---|----|
| 3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO | 24 |
| 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CASA DE CULTIVO UTILIZADA..... | 24 |
| 3.3 MANEJO AGRONÓMICO DEL SEMILLERO..... | 26 |
| 3.4 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA APLICADA..... | 26 |
| 3.4.1 Análisis físico-químico de los abonos orgánicos y sustratos | 26 |
| 3.4.2 Prueba preliminar de concentraciones | 27 |
| 3.4.3 Experimento No.1-Evaluación de sustratos con abono de residuos de caña. | 27 |
| 3.4.4 Experimento No.2-evaluación de sustratos con abono de residuos de arroz-gallinaza. | 31 |
| 3.4.5 Experimento No.3-efecto de microorganismos eficaces sobre sustratos evaluados..... | 34 |
| 3.4.6 Diseño y análisis de experimentos | 36 |
| 3.4.7 Análisis de Costos | 38 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 39 |
| 4.1 CONTENIDO DE NUTRIMENTOS EN MATERIALES, ABONOS Y SUSTRATOS | 39 |
| 4.2 EFECTO DE ABONOS Y BIOFERTILIZANTES LÍQUIDOS SOBRE LAS PLÁNTULAS DE TOMATE..... | 42 |
| 4.2.1 Germinación de plántulas | 42 |
| 4.2.2 Altura y diámetro | 44 |
| 4.2.3 Contenido de clorofila | 46 |
| 4.2.4 Producción de biomasa..... | 55 |
| 4.2.5 Incidencia de enfermedad por complejo de hongos | 60 |
| 4.3 EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES (EM) SOBRE EL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS DE TOMATE..... | 61 |
| 4.4 ANALISIS ECONÓMICO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS Y BIOFERTILIZANTES LÍQUIDOS EVALUADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS | 66 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 69 |
| 6. RECOMENDACIONES | 71 |
| 7. LITERATURA CITADA..... | 72 |
| 8. ANEXOS | 77 |

Andrew Vega, KD. 2002. Evaluación de abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo sistema de cultivo protegido en Panamá.

Palabras claves: abonos orgánicos, biofertilizantes, tomate, *Lycopersicon esculentum*, sistemas protegidos, semilleros, bagazo, cachaza, gallinaza, pulidura de arroz, cascarilla de arroz, microorganismos eficaces.

RESUMEN

// El presente trabajo fue desarrollado en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), bajo condiciones de sistema protegido, con el objetivo de evaluar el efecto de abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate como alternativa a la fertilización sintética. //

Los abonos orgánicos y biofertilizantes fueron elaborados con residuos de caña (bagazo y cachaza) y con residuos de arroz (pulidura y cascarilla) y gallinaza. Se prepararon diferentes proporciones de abonos y concentraciones de biofertilizante con y sin microorganismos eficaces (EM).

El diseño empleado fue un completamente al azar en arreglo factorial 6x5 con 30 tratamientos y tres repeticiones. Las unidades experimentales estuvieron representadas por cada una de las bandejas de germinación de 280 alveolos y las unidades de muestreo fueron las plántulas de tomate.

// Las variables de respuesta evaluadas fueron: germinación, altura, diámetro, biomasa foliar y de raíz (peso fresco y seco), porcentaje de incidencia de enfermedad por hongos (mal de talluelo) y contenido de clorofila, que fueron medidas a los 5, 10, 15 y 20 días después de siembra (dds). //

Los resultados experimentales mostraron que los biofertilizantes evaluados no ejercieron un efecto determinante sobre el crecimiento de las plántulas. Los abonos orgánicos, sin embargo, ejercen un mayor efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas en las diferentes mezclas y proporciones de abonos orgánicos evaluados. Los promedios más bajos de acuerdo a los análisis para todas las variables evaluadas se presentaron en los tratamientos cuya fuente de abono y biofertilizante estuvo constituida por residuos de caña

(bagazo y cachaza) con y sin microorganismos eficaces (EM) en sus diferentes proporciones y concentraciones. Se encontró que en los tratamientos a base de abono de residuos de arroz y gallinaza con y sin EM, estos presentaron respuestas superiores, siendo la proporción 30% abono orgánico con y sin EM las que presentaron los mejores resultados, comparado con los tratamientos testigo (suelo), en las diferentes variables evaluadas.

Desde el punto de vista económico,¹¹ los resultados obtenidos en ambos tipos de abonos orgánicos (con residuos de caña y con residuos a base de arroz y gallinaza), muestran que el costo de producción por quintal es menor si lo comparamos con el costo del sustrato comercial, permitiéndonos obtener plántulas con costos inferiores a lo que costaría producir con insumos convencionales. //

Andrew Vega, KD. 2002. Evaluation of organic fertilizers and liquid fertilizers for tomato plantlets production (*Lycopersicon esculentum Mill*) under the protected crop system in Panama.

Palabras claves: organic manure, biofertilizers, tomato, *Lycopersicon esculentum*, protected systems, seedlings, bagasse, “cachaza”, chicken manure, rice grinding, rice husk, efficient microorganisms.

SUMMARY

This research was developed at the Agriculture Research Institute of Panama (IDIAP), under the protected system conditions and its objective was to evaluate the effect of organic fertilizers and liquid biofertilizers on growth and tomato plantlets development as an alternative to synthetic fertilization.

Organic fertilizers and biofertilizers were elaborated with sugarcane (bagasse and “cachaza”) and rice residues (grinding and husk) as well as chicken manure. Different fertilizer proportions and biofertilizer concentrations were prepared with and without efficient microorganisms (EM).

A completely random design was employed with a 6x5 factorial arrangement and three repetitions. Experimental units were represented by each germination tray containing 280 alveoli and sampling units by tomato plantlets.

Response variables evaluated were: germination, height, diameter, foliar and root biomass (fresh and dry weight), fungus disease incidence (small stem disease) and chlorophyll content. These variables were measured after 5, 10, 15 and 20 days of planting (dds).

Experimental results showed that evaluated biofertilizers did not have a determinant effect on plantlets growth. Organic fertilizers, however, showed a higher effect on growth and plantlets development. The lowest averages shown by the analysis conducted to all variables were found on treatments whose fertilizer and biofertilizer source included sugarcane residues (bagasse and “cachaza”) with or without efficient microorganisms (EM) in all proportions and concentrations. It was found that treatments based on rice residue fertilizers and chicken manure with and without EM showed superior responses. The

proportion 30% organic fertilizer with and without EM presented the best results compared to control treatments (soil) for the different variables evaluated. (1)

From an economic point of view, results obtained for both organic fertilizer types (sugarcane residues and residues based on rice and chicken manure) indicate that hundredweight production cost is lower compared to the commercial substrate cost, allowing to obtain lower cost plantlets than those produced using conventional inputs. (2)

INDICE DE CUADROS

| No. | TÍTULOS | No. |
|------|--|-----|
| Pag. | | |
| 1 | Superficie, producción y rendimiento de tomate industrial por región en Panamá para el año agrícola 2000/2002 | 7 |
| 2 | Superficie, producción y rendimiento de tomate de mesa por región en Panamá para el año agrícola 2000/2002 | 7 |
| 3 | Fuente de abonos naturales a partir de estiércoles de animales y contenido de algunos nutrientes | 11 |
| 4 | Contenido de NPK de diversas fuentes orgánicas | 12 |
| 5 | Diferentes fases que se presentan durante el compostaje | 15 |
| 6 | Escala de valores para clasificar el contenido de sales de los sustratos | 17 |
| 7 | Relación carbono / nitrógeno (C/N) de algunos materiales empleados para compostaje | 19 |
| 8 | Características y especificaciones técnicas de la casa de cultivo | 25 |
| 9 | Descripción de los tratamientos –Experimento No. 1 con residuos de caña | 30 |
| 10 | Descripción de los tratamientos –Experimento No. 2 con residuos de arroz y gallinaza | 33 |
| 11 | Grados de libertad de los experimentos No. 1 y No. 2 | 38 |
| 12 | Contenido de fósforo y potasio en sustratos con abono orgánico elaborado con la combinación de residuos de arroz y gallinaza antes y después de las diluciones | 41 |
| 13 | Variables altura de plántulas, diámetro del tallo y contenido de clorofila por lectura para el factor sustrato-experimento No. 1 | 48 |
| 14 | Variables altura de plántulas, diámetro del tallo y contenido de clorofila por lectura para el factor biofertilizante líquido-experimento No. 1 | 49 |
| 15 | Ecuaciones de regresión para las variables evaluadas por el efecto de los sustratos con abono con residuos de caña-experimento No. 1 | 51 |
| 16 | Variables altura de plántulas, diámetro del tallo y contenido de clorofila por lectura para el factor sustrato-experimento No. 2 | 52 |
| 17 | Variables altura de plántulas, diámetro del tallo y contenido de clorofila por lectura para el biofertilizante líquido-experimento No. 2 | 53 |
| 18 | Ecuaciones de regresión para las variables evaluadas por el efecto de los sustratos con abono con residuos de caña-experimento No. 1 | 55 |
| 19 | Comparación de medias para la variable germinación mediante la prueba de rangos | |

| | | |
|----|---|----|
| | múltiples de Duncan-experimento No.3..... | 62 |
| 20 | Comportamiento de las variables altura, diámetro y contenido de clorofila en la etapa del semillero en función de los tratamientos evaluados | 64 |

INDICE DE FIGURAS

| No. | TÍTULOS | No. |
|-----|---|-----|
| | Pag. | |
| 1 | Mapa de ubicación del área de estudio..... | 24 |
| 2 | Vista panorámica de las casas de cultivo utilizadas para los experimentos-IDIAP, Río Hato, Panamá. 2002..... | 26 |
| 3 | Esquematzación de la elaboración de abono orgánico con residuos de caña-experimento No.1..... | 28 |
| 4 | Esquematzación de la elaboración de biofertilizante líquido con residuos de caña-experimento No.1..... | 29 |
| 5 | Esquematzación de la elaboración de abono orgánico con residuos de arroz – gallinaza-experimento No.2..... | 32 |
| 6 | Esquematzación de la elaboración de biofertilizante líquido con residuos de arroz-gallinaza-experimento No.2..... | 32 |
| 7 | Esquematzación de la elaboración de los sustratos –experimento No.3..... | 34 |
| 8 | Esquematzación de la elaboración de biofertilizante líquido-experimento No.3..... | 35 |
| 9 | Germinación de plántulas de tomate en los diferentes tratamientos con sustratos de residuos de caña (C)-experimento No.1..... | 42 |
| 10 | Germinación de plántulas de tomate en los diferentes tratamientos con sustratos de residuos de arroz y gallinaza (AG)-experimento No.2..... | 43 |
| 11 | Tendencia de las variables altura de plántulas y diámetro del tallo por días de lecturas en experimento No.1..... | 44 |
| 12 | Tendencia de las variables altura de plántulas y diámetro del tallo por días de lecturas en experimento No.2..... | 45 |
| 13 | Tendencia de la variable contenido de clorofila por días de lecturas en experimento No.1..... | 47 |
| 14 | Tendencia de la variable contenido de clorofila por días de lecturas en experimento No.2..... | 47 |
| 15 | Efecto de la interacción sustratos por biofertilizante líquido en la altura de las plántulas-experimento No.1..... | 49 |
| 16 | Efecto de la interacción sustratos por biofertilizante líquido en el diámetro de las plántulas-experimento No.1..... | 50 |
| 17 | Efecto de la interacción sustratos por biofertilizante líquido en el contenido de clorofila-en plántulas-experimento No.1..... | 50 |

| | | |
|----|---|----|
| 18 | Efecto de la interacción sustratos por biofertilizante líquido en la altura de las plántulas-experimento No.2..... | 53 |
| 19 | Efecto de la interacción sustratos por biofertilizante líquido en el diámetro de las plántulas-experimento No.2..... | 54 |
| 20 | Efecto de la interacción sustratos por biofertilizante líquido en el contenido de clorofila-en plántulas-experimento No.2..... | 54 |
| 21 | Crecimiento y Desarrollo de plántulas en sustratos evaluados..... | 57 |
| 22 | Respuesta de plántulas de tomate en tratamientos evaluados-experimento No.2..... | 59 |
| 23 | Formación de pilón o soporte de raíces..... | 60 |
| 24 | Germinación de semilla de tomate-experimento No.3..... | 61 |
| 25 | Tendencia de las variables altura y diámetro por día de lectura -experimento No.3..... | 63 |
| 26 | Tendencia de la variable contenido de clorofila por día de lectura -experimento No.3..... | 63 |
| 27 | Comparación de costos en US\$ de plántulas para una hectárea de tomate en función del tipo de sustrato con residuos de caña..... | 67 |
| 28 | Comparación de costos en US\$ de plántulas para una hectárea de tomate en función del tipo de sustrato con residuos de arroz y gallinaza..... | 68 |

1. INTRODUCCIÓN

El tomate es una hortaliza ampliamente cultivada y consumida en todo el mundo, con una producción total de 100 millones de TM/año, de las cuales, América Central aporta 2.5% TM, con una producción por país distribuida de la siguiente manera: México 2, 158,745, Guatemala 174,950, Honduras 49,758, Costa Rica 30,000, El Salvador 21,500, Panamá 17, 373 y Nicaragua 6,500 siendo México el mayor productor (FAO 2002).

En Panamá, el tomate se cultiva comercialmente desde 1940, cuando la Compañía Nestlé, S. A. instaló la primera fábrica para el procesamiento del mismo en distintas formas (salsas, pastas, concentrados, entre otros) de consumo humano (IDIAP 1999, IDIAP 2000a).

Durante la temporada de producción (época seca), se siembran más de 600 hectáreas y participan 766 productores. El rendimiento se estima entre 27 - 32 TM/ha, generando un valor total de 5.7 millones de dólares aproximadamente. Particularmente las Tierras Altas (provincia de Chiriquí) en las localidades de Cerro Punta, Volcán, Río Sereno, Boquete y otros, se han dedicado a la producción de tomate para consumo fresco, representando una superficie de siembra de 260 hectáreas. El resto de la superficie cultivada (474 hectáreas) es destinada para la industria y se efectúa generalmente durante la estación seca en las sabanas costeras y en el bosque seco tropical del litoral pacífico, principalmente en la península de Azuero y Coclé (IDIAP 1999, IDIAP 2000a, MIDA 2002).

El tomate se desarrolla bien en suelos muy variados desde franco arcillosos a franco arenosos con estructura laminar, en Panamá, las áreas destinadas para la siembra de este cultivo generalmente están representadas por suelos aluviales (bajos de ríos y quebradas). Estos suelos, en su gran mayoría, tienen buena profundidad y una cantidad de nutrientes que permite un mejor desarrollo de la plantación, además de la facilidad de riego que presentan (MIDA 2002).

Los abonos orgánicos y biofertilizantes han sido empleados para incrementar la fertilidad de los suelos a través del aprovechamiento de desechos agroindustriales que se consideran con potencial para ser aprovechados. Los abonos orgánicos son producto de la descomposición aeróbica y anaeróbica de desechos orgánicos realizada por poblaciones de microorganismos incluyendo grupos que inducen el crecimiento en las plantas al estimular procesos metabólicos y mejoran las condiciones físico-químico-biológicas del suelo. Además controlan y disminuyen la incidencia de enfermedades, suministran macro y micronutrientes a las plantas lo que representa una opción

para disminuir la intensidad de aplicación de fertilizantes sintéticos (Gajdos 1992, Guerrero 1993, Castro 1998, Restrepo 2001).

Los biofertilizantes provienen de la fermentación de un sustrato orgánico por medio de la actividad de microorganismos vivos; por tanto, son preparados de células vivas o latentes con cepas microbianas, fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, potencializadoras de diversos nutrimentos o productoras de sustancias activas. Se aplican directamente a las semillas, al suelo o al follaje, con el objeto de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos. Además, aumentan las cantidades de nutrimentos que pueden ser asimilados por las plantas y aceleran los procesos fisiológicos que intervienen en el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Restrepo 2001, Martínez 2002).

En Panamá los productores dedicados a esta actividad, raramente incorporan materia orgánica y cal a los suelos, lo cual hace necesario poner en práctica un programa de transferencia de agro tecnología encaminado a la incorporación de abonos orgánicos y biofertilizantes líquido de origen microbiano, con cualidades que permitan inducir el crecimiento en las plantas y protegerlo contra plagas y enfermedades. Actualmente, en la producción de plántulas existe la necesidad de encontrar otros materiales como sustratos agrícolas que presenten máximos beneficios, que sean económicos y fáciles de adquirir, ya que la mayoría de los materiales que se encuentran en el mercado son de importación y con un costo elevado. Además, el insumo semilla tiene un alto costo de adquisición, lo que ha llevado a la mayoría de los productores a optar por nuevas tecnologías, como lo es, la producción de semilleros bajo sistemas protegidos para reducir la incidencia de plagas y enfermedades; complementado con el empleo de bandejas de polietileno de alta densidad que contribuyen a garantizar una alta germinación, calidad y sanidad de los cultivares que serán llevados a los campos de producción.

Una alternativa como sustrato puede ser el aprovechamiento de los desechos de la industria azucarera, de molinos agroindustriales de arroz, granjas avícolas, residuos de cosecha y productos del bosque que existen en el área en grandes cantidades. El aprovechamiento de estos materiales dentro del marco de programas enfocados a minimizar los daños ecológicos, contribuye a resolver los problemas de contaminación que crea la acumulación de excretas y residuos de industria, evita la dependencia de infraestructura sofisticada y de difícil adquisición, al mismo tiempo a incrementar la producción y encarar los efectos del uso y alto costo de los fertilizantes sintéticos, al disponer de abonos orgánicos de bajo costo y excelentes propiedades físico-químico- biológicas.

De acuerdo con lo anterior, se justifica la implementación de los abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos, como una alternativa viable e importante para sustituir a los materiales de importación o aquellos que representan problemas ambientales encontrando diversidad de uso a productos que generan conflictos y pueden contribuir al manejo nutricional del tomate en la etapa de semillero.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos como alternativa a la fertilización sintética para la producción de plántulas de tomate bajo sistema protegido.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes proporciones de mezclas de abonos orgánicos y concentraciones de biofertilizantes líquidos a base de abono de residuos de caña o residuos de arroz y gallinaza
- Medir el efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre los abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos utilizados para el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate
- Determinar el costo de los abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos preparados para este trabajo de investigación.

1.2 Hipótesis planteada

- Los abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos estudiados frente al producto comercial son similares en su efecto sobre el porcentaje de germinación, sanidad, contenido de clorofila, cantidad y calidad de las plántulas de tomate.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TOMATE

2.1.1 Origen y descripción botánica del cultivo

El Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas, los miembros de ésta familia presentan plantas perennes de porte arbustivo que se cultivan en forma anual (Chávez 1980). Es nativa de la América tropical, cuyo centro de origen es la región de los Andes (Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, y Perú), donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. Mientras que en México, se realizó su domesticación (Chávez 1980). Su nombre proviene de la lengua nahualt de México, como una modificación del vocablo tomalt (CATIE 1990)

2.1.2. Fenología y exigencias de clima y suelo

La fenología de las plantas de tomate se caracteriza por pasar por diferentes fases: vegetativo, reproductiva y productivo.

Fase Vegetativa: comienza con la germinación de la semilla y se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca; la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis. La planta alcanza su máximo desarrollo vegetativo, entre 25 y 35 días; esta etapa termina con el inicio de floración a los 50- 60 días (Serrano 1982, Nuez 1995).

Fase Reproductiva: se inicia a partir de la fructificación, dura entre 30 ó 40 días y se determina cuando el crecimiento de la planta prácticamente se detiene y se desarrollan los frutos a los cuales la planta transloca los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración (Serrano 1982, Nuez 1995).

Producción: esta etapa se inicia a los 62-75 días después de la siembra. En plantas sanas y bien nutridas, se realizan entre 6 a 7 cortes, según la variedad, durante un período de 20-25 días. El ciclo total del cultivo desde siembra hasta el último período de cosecha oscila entre los 82 y 100 días (Serrano 1982, CATIE 1990)

El cultivo del tomate puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, se desarrolla bien en un amplio rango de altitudes, tipos de suelo, temperaturas y diversos métodos de cultivo. Prefiere ambientes cálidos, con buena luminosidad y drenaje (CATIE 1990). Se le ha cultivado

comercialmente a campo abierto, bajo invernadero, y en cultivos hidropónicos y en grava. Entre las variables meteorológicas se debe considerar:

Temperatura: el rango favorable de temperatura para que ocurra la germinación, se ha establecido entre 15 y 30°C, temperaturas inferiores retardan la germinación. Durante la floración, temperatura elevadas retardan la formación de los racimo, reducen el número de flores por racimo como también el tamaño de las flores y la calidad del polen. La temperatura óptima en esta etapa del cultivo es de 13-17°C durante la noche y 23°C en el día. En general, la temperatura óptima para el desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 1 y 17 °C durante la noche (Gómez, *et al.*, 2000).

Humedad relativa: la óptima oscila entre 60 - 80 %, humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades del follaje y dificulta la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores (Nuez 1995).

Luminosidad: el tomate es un cultivo insensible a la duración del día; sin embargo, requiere de una buena iluminación, la cual puede ser modificada según la densidad de siembra, el sistema de poda y el tutorado. Valores bajos de luminosidad pueden inducir de forma negativa sobre los procesos de la floración y fecundación; así como, el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Nuez 1995).

Suelo: la planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje. Aunque prefiere suelos sueltos de textura franco-arcillosa y francos, ricos en materia orgánica, se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. En cuanto al pH, los suelos pueden variar desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos (Nuez 1995).

2.1.3 Importancia socioeconómica del cultivo de tomate en Panamá

En Panamá, el cultivo comercial de tomate se conoce desde los años 1940, cuando la Compañía Nestlé de Panamá, S A., ubicada en la localidad de Natá de los Caballeros – Provincia de Coclé, inició la actividad a nivel industrial, siendo los productores de las provincias centrales sus principales proveedores.

En la actualidad, el tomate sigue siendo una de las hortalizas de mayor cultivo y consumo en el país, como materia prima (tomate tipo perita) para la industria en la elaboración de jugos, pastas, salsas, concentrados, entre otros, y como consumo en estado fresco (tomate tipo mesa). La actividad

industrial de tomate tipo salsa conocido como perita se concentra para la época seca (verano) en las provincias centrales (Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas) y tipo mesa en la provincia de Chiriquí en los distritos de Renacimiento y Boquete (Cuadro 1 y 2) (MIDA 2002).

Cuadro 1. Superficie, producción y rendimiento de tomate industrial por región en Panamá para el año agrícola 2000/2001*.

| REGION | NUMERO DE PRODUCTORES | SUPERFICIE SEMBRADA(ha) | PRODUCCION (qq) | RENDIMIENTO (qq/ha) | AREA SEMBRADA(%) |
|------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|------------------|
| COCLE | 2 | 3.0 | 1,200 | 400 | 0.7 |
| HERRERA | 16 | 29 | 11,472 | 392 | 6.3 |
| LOS SANTOS | 218 | 429 | 276,875 | 645 | 93.0 |
| TOTAL | 236 | 462 | 289,547 | 627 | 100 |

Fuente: Dirección Nacional de Planificación y Política Agropecuaria, MIDA, 2002.

El año agrícola se inicia el 1 de abril y finaliza el 31 de marzo del siguiente año.

El Cuadro 1, presenta los datos estadísticos de la producción de tomate industrial correspondiente al ciclo agrícola 2001/2002, en donde se establecieron en el país, 461.6 hectáreas con una producción estimada en 289,547 quintales, con la participación de 236 productores (MIDA 2002)

Cuadro 2. Superficie, producción y rendimiento de tomate de mesa por región en Panamá para el año agrícola 2000/2001*

| REGION | NUMERO PRODUCTORES | SUPERFICIE SEMBRADA(ha) | PRODUCCION (qq) | RENDIMIENTO (qq/ha) | AREA SEMBRADA (%) |
|------------|--------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| COCLE | 2 | 0.20 | 19 | 95 | 0.1 |
| HERRERA | 17 | 4 | 1,511 | 386 | 2.4 |
| LOS SANTOS | 55 | 25 | 3,705 | 150 | 15.1 |
| CHIRIQUI | 370 | 111 | 108,983 | 983 | 67.8 |
| CAPIRA | 80 | 19 | 5063 | 270 | 11.5 |
| CHEPO | 6 | 5 | 1005 | 201 | 3.1 |
| TOTAL | 530 | 163 | 120,286 | 731 | 100 |

Fuente: Dirección Nacional de Planificación y Política Agropecuaria, MIDA, 2002

El año agrícola se inicia el 1 de abril y finaliza el 31 de marzo del siguiente año.

El Cuadro 2 presenta los datos estadísticos de tomate para consumo fresco, correspondiente al ciclo agrícola 2000/2001. Durante este periodo, se establecieron 163.41 hectáreas en todo el país, con

una producción de 120,286 quintales. En la actividad participaron 530 productores. La provincia de Los Santos siembra el 93% de la superficie total de tomate tipo industrial, estimándose que el 80 % de la producción, es comprada por las empresas agroindustriales Nestlé Panamá, S.A. y Conservas Panameñas Selectas, S.A. el resto de la producción, tiene como destino el mercado fresco. En cuanto a tomate para consumo fresco, la provincia de Chiriquí siembra el 67.8% de la superficie total. Toda la producción tiene como destino las grandes cadenas de supermercados de las principales ciudades del país. Esta producción se obtiene en sistema de cultivos protegidos, (casa de vegetación) donde se obtienen mayores rendimientos por superficie de siembra, durante todo el año. Esto explica los rendimientos que se alcanzan, 983 qq/ha comparadas a los rendimientos que se obtiene en otras provincias del país en donde la siembra es a campo abierto (MIDA 2002).

2.2 MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD NATURAL DEL SUELO

2.2.1 Biodiversidad del suelo

La compleja naturaleza física y química de los suelos, con una estructura porosa, una gran superficie y una variable fuente de materiales orgánicos, alimento, agua y compuestos químicos, hace que muchos animales, plantas y microorganismos puedan coexistir simultáneamente y encontrar apropiados nichos para su desarrollo.

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza pues contiene miles de diferentes micro y macro organismos que interactúan y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida. Estos se clasifican en tres grandes grupos: macrobiotas, mesobiotas y microbiotas.

Los macrobiotas; generalmente son organismos mayores de 2 mm de diámetro y visibles a simple vista. Estos incluyen vertebrados (culebras, saurios, ratones, conejos, topos y otros) que cavan para alimentarse o formar nidos, e invertebrados (hormigas, termitas milpies, ciempiés, lombrices, orugas, cicadélidos, insectos, arañas, escorpiones etc.) que viven y se alimentan a partir de desechos del suelo. *Los mesobiotas*; son organismos que tienen dimensiones entre 0.1 a 2 mm de diámetro. Incluyen microartrópodos (pseudoscorpiones, protura, diplura, ácaros y pequeños miriápodos), los cuales viven generalmente dentro de los poros del suelo, se alimentan de materiales orgánicos, microflora, microfauna y otros invertebrados. *Los microbiotas* son mas pequeños (menores de 0.1 mm. de diámetro), extremadamente abundantes y diversos. La microflora incluye bacterias, actinomicetos, hongos y algas; mientras que la microfauna, comprende nemátodos, protozoos, turbelarios y rotíferos, se les encuentra en zonas húmedas y se alimentan de microflora, raíces de plantas y otros organismos. Aunque las raíces, no se consideran como organismos del suelo, se

desarrollan ampliamente dentro de éste con importantes efectos sobre las poblaciones vegetales y animales; razón por la cual, se deben incluir en la biota del suelo (Castro 2001).

En cuanto a las bacterias, se puede decir que son microorganismos procarióticos caracterizados por su tamaño pequeño ($0.5 - 2 \times 10^{-8}$ mm), por lo general unicelulares. Las bacterias constituyen el grupo más numeroso que habita en el suelo; sin embargo, representa apenas entre el 25-50% la biomasa microbiana total de los suelos agrícolas. Las bacterias más comunes son las que pertenecen a los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Achromobacter*, *Xanthomonas*, *Micrococcus*. Otras bacterias, aunque más escasas, pero de gran importancia, son las quimiolitotróficas como *Nitrobacter*, *Hydrogenomonas*, *Nitrosomonas*, *Methanobacillus*, *carboxidomonas*, *ferrobacillus*, *Thiobacillus* y *Desulfovibrio*, que son responsables de procesos bioquímicos de gran interés para el sistema suelo – planta. Además están las bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azorhizobium* que son fijadoras de nitrógeno en simbiosis con las leguminosas; bacterias del género *Azospirillum* que fijan nitrógeno en asociación con gramíneas y otras bacterias fijadoras de vida libre como *Beijerinchia*, *Azotomonas*, *Derrxia* y *Azotobacter*. En general, las bacterias están involucradas en varios procesos del suelo como la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, las transformaciones bioquímicas específicas (oxirreducción de azufre y elementos metálicos, nitrificación y desnitrificación), la fijación biológica del nitrógeno, la acción antagónica a los patógenos y la producción de sustancias de crecimiento (Castro 2001).

Los actinomicetos, representan un grupo bastante heterogéneo de microorganismos con características de hongos y bacterias. Su presencia en el suelo puede ser detectada por la producción de sustancias volátiles que emanan de suelos recién arados. Los más comunes son *Streptomyces* (70 a 90% de actinomicetos del suelo) *Nocardia*, *Actynomices* y *Micromotomyces*. Su función consiste en descomponer sustancias como fenoles, quitina, humus y parafinas. Son los responsables de la descomposición de la materia orgánica a temperaturas elevadas. Por lo tanto, tienen gran importancia en los procesos de compostaje y descomposición de abonos verdes. Producen antibióticos y, por ello controlan el equilibrio microbiológico de hongos y bacterias fitopatógenas (Castro 2001).

En relación a los hongos, son microorganismos eucarióticos y permanecen en el suelo como células o estructuras de reposo (esporas) y como hifas o micelio. Predominan en suelos ricos en materia orgánica y con pH ácido. La mayoría de hongos aislados del suelo pertenecen a los *Deuteromicetos*. Los hongos representativos del suelo son las especies de los géneros *Aspergillus*,

Penicillium, Rhizoctonia, Humicola, Alternaria, Colletotrichum, Pythium, Fusarium, Phytophthora, Mucor, Rhizopus, Phycomyces, Pilobolus, Verticillium y Chaetomium. La principal función de los hongos es su actividad heterotrófica sobre los restos vegetales depositados en el suelo; la formación de relaciones simbióticas mutualistas denominadas micorrizas y parasíticas con las raíces de la mayoría de las plantas (Molina 1982).

Las algas, constituyen el grupo de microorganismos de mayor expresión. Pueden ser de tipo eucariótico (algas verdaderas) y procarióticas que son unicelulares y representadas, en su mayoría, por las cianobacterias (algas verdes- azuladas), que viven en la superficie del suelo cuando éste tiene la humedad adecuada.

Son microorganismos fotosintéticos, clorofilados, capaces de captar tanto su carbono como nitrógeno del aire y se consideran incorporadoras de materia orgánica, pues convierten el agua y los nutrientes en biomasa. Los géneros *Anabaena, Nostoc, Tolypotrix*, todos ellos fijadores de nitrógeno, son los mejores representantes. Su importancia para los suelos incluye la colonización inicial de nutrientes en superficies inertes como rocas y suelos y suelos desnudos (Molina 1982, Castro 2001).

□ 2.2.2 La materia orgánica en el suelo

La materia orgánica del suelo esta constituida por todo tipo de residuos, sean estos de origen vegetal o animal; pudiendo originarse en la actividad agrícola, pecuaria y/o agroindustrial (León 1998).

Un material se considera abono o enmienda cuando es incorporado al suelo con el objeto de: proporcionar nutrientes, actuar sobre las características físico -químicas del suelo y estimular procesos metabólicos en las plantas (Gajdos 1992; Funes 1997). En la actualidad, se disponen de diferentes clases de abonos orgánicos, los cuales se presentan a continuación:

- **Materia orgánica de fuentes animales:** los abonos disponibles de fuentes animales son una excelente forma de nutrientes y de materia orgánica para el suelo o sustratos que se usan en casas de cultivo, se aplican cuando se han compostado y parcialmente descompuesto. Los abonos frescos se pueden aplicar directamente al suelo, pero es conveniente esperar una estación seca para permitir su descomposición rápida y se debe contar con suficiente tiempo para que se libere el amonio antes de que se siembre el cultivo. Debido a que los abonos frescos contienen altos porcentajes de agua, una cantidad similar de abono contendrá menos nutrientes que los abonos

secos. También, los abonos de diferentes fuentes varían ampliamente con relación a la fertilidad (Cuadro 3). Se observa como la cantidad de nitrógeno disponible por cada 100 kilos de abono fresco de ganado, corresponde a una libra, mientras que 100 kilos de abono seco de ganado contienen casi dos kilos de nitrógeno disponible. La materia orgánica fresca no se debe emplear directamente en los cultivos, ya que se puede presentar toxicidad y quemazón debido a la liberación de amonio (Castro 2001).

Cuadro 3. Fuentes de abonos naturales a partir de estiércoles de animales y contenido de algunos nutrientes.

| <i>TIPO DE ESTIERCOL</i> | <i>N</i> | <i>P₂O₅</i> | <i>K₂O</i> | <i>Ca</i> | <i>Mg</i> | <i>MO</i> | <i>H₂O</i> |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| | % | | | | | | |
| Ganado fresco | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 16.7 | 81.3 |
| Oveja | 0.9 | 0.50 | 0.8 | 0.2 | 0.3 | 30.7 | 64.8 |
| Gallinas | 0.9 | 0.5 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 30.7 | 64.8 |
| Caballos | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 27 | 68.8 |
| Cerdos | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.03 | 15.7 | 77.6 |
| Ganado seco | 2.0 | 1.5 | 2.2 | 2.9 | 0.7 | 69.9 | 7.9 |
| Oveja seco | 1.9 | 1.4 | 2.9 | 3.3 | 0.8 | 53.9 | 11.4 |
| Ave seco | 4.5 | 2.7 | 1.4 | 2.9 | 0.6 | 58.6 | 9.2 |

Fuente: Castro 2001.

- **Materia orgánica de residuos de cosechas:** la incorporación de residuos de cosechas (tallos, hojas, flores, vainas, etc.), al suelo, contribuyen a incrementar la materia orgánica del suelo, modificando sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Suquilanda 1995). La utilización correcta de estos residuos, mejora la productividad del suelo, favorece una gran cantidad de procesos biológicos, bioquímicos, sin mencionar otros múltiples efectos que permiten incrementar el rendimiento en los cultivos (Restrepo 1996).

Cuando se incorporan al suelo los residuos de las cosechas es importante que se conozca su composición química, sobre todo su relación carbono / nitrógeno (C/N). De esta última, depende el ritmo de degradación de los componentes orgánicos; como también, los efectos positivos o negativos que pueden obtenerse al ser incorporados (Cuadro 4) (Suquilanda 1995).

Cuadro 4. Contenido de NPK (Kg/ton) de diversas fuentes orgánicas

| <i>Fuentes</i> | <i>Nitrógeno</i> | <i>Fósforo P₂O₅</i> | <i>Potasio K₂O</i> |
|---------------------------|------------------|---|-------------------------------|
| Cachaza | 14,9 a 21,0 | 12,5 a 23,0 | 4,4 a 12,3 |
| Cascarilla de arroz | 4,8 a 7,5 | 0,8 a 1,5 | 3,1 a 5,3 |
| Aserrín | 6,6 | 3,3 | 19,1 |
| Cáscara de Cacao | 12,8 | 1,1 | 25,1 |
| Cáscara de café | 8,0 | 1,7 | 20,7 |
| Pulpa de café | 32,7 | 3,9 | 16,9 |
| Residuos de henequén | 58,5 | 4,9 | 4,3 |
| Residuos de Cervecería | 41,2 | 7 | 1,0 |
| Compost | 10,7 | 8,4 | 10,2 |
| Humus de lombriz | 15,0 | 5 a 7,5 | 3,0 a 7,0 |

Fuente: Modificado MINAG, 2002.

2.2.3 Manejo de desechos sólidos orgánicos mediante compostaje

Los residuos orgánicos representan una gran cantidad de carbono reducido, inmovilizado de la atmósfera a través de la fotosíntesis. Constituyen un inmenso reservorio de nutrientes minerales que, a su vez, son fuentes de energía y de nutrientes para los organismos heterotróficos que habitan en el suelo, así como, nutrientes minerales para las plantas (Castro 2001). En la actualidad se emplean diversas técnicas para el manejo de desechos orgánicos tales como:

Fermentación en estado sólida (FES): se ha utilizado desde tiempos remotos en la elaboración de alimentos, en procesos de ensilaje y elaboración de compost (Lonsane *et al.* 1985). En este proceso la fermentación se presenta en un sustrato que no es un material líquido (Hesseltine 1972) y se describe como “crecimiento de microorganismos sobre materiales sólidos en ausencia de líquido libre” (Tengerdy *et al.* 1984).

“Se trata de una oxidación biológica controlada de la materia orgánica fermentable, de carácter exotérmico, ejecutada por una sucesión dinámica y rápida de poblaciones microbianas aeróbicas”. Es un proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan rápidamente sobre la materia biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos). Esta degradación bioquímica de sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, requiere de una humedad adecuada, para la obtención de un producto final estable.

Durante el proceso de fermentación, los compuestos orgánicos que se producen de residuos sólidos urbanos, se pueden dividir en: a) solubles en agua, como los azúcares simples mono y disacáridos (sacarosa, lactosa y glucosa), que bajo acción enzimática producen abundante CO₂ ya desde el mismo proceso de recogida y transportación; b) poco solubles en agua, son de fermentación más lenta y lo componen las hemicelulosas, el almidón y las sustancias pépticas y por último c) las insolubles en agua, donde encontramos la lignina y la celulosa presentes en papeles, cartones, embalajes y otros materiales. La descomposición de los hidratos de carbono incluidos en a) y b), se asocian al incremento de temperatura que caracteriza al compostaje en sus primeras fases, la mineralización de la materia orgánica y la actividad de los microorganismos participantes. Otras sustancias fermentables son los prótidos (proteínas), fenoles, antocianinas, alcaloides y terpenos. Las celulosas y las ligninas se terminan de degradar durante el período de maduración, en el que predominan procesos de condensación y polimerización (Arozarena *et al.* 2002).

Según Arozarena *et al.* (2002), los materiales de naturaleza orgánica varían en sus contenidos de sustancias o estructuras carbonadas y con ello, en la velocidad con que transcurre su descomposición; en términos de resistencia puede establecerse, en orden creciente, la siguiente secuencia: azúcares, almidón, proteínas, hemicelulosas, celulosa, lignina, ceras y lignocelulosa. La descomposición de las estructuras carbonadas requiere determinadas cantidades de nitrógeno (N), permite suponer que mientras el carbono (C) este presente en dichas estructuras, más tiempo requerirá su transformación. Aunque la cantidad de nitrógeno requerida por unidad de carbono, varía con los microorganismos envueltos en el proceso de descomposición, de modo general, éstos emplean 30 partes en peso de C, por cada parte de N.

El compostaje: es un proceso aeróbico de fermentación que permite obtener un producto estable y que juega un papel importante en el agroecosistema, al cerrar el círculo energético y mantener la continuidad de la vida. Los materiales que se emplean para formar las pilas de compostaje son; residuos vegetales, cenizas, pasto picado, hojas de árboles, cal dolomita, papel; como materias primas enriquecedoras, se emplean rocas fosfórica, ceniza de madera, harinas de hueso y como materias primas activadoras es común el emplear estiércoles, entre otros. Para realizar el compostaje, los materiales se deben añadir siguiendo un orden establecido como, por ejemplo, intercalar capas verdes (nitrógeno) con capas amarillas (Castro 2001).

El “Bokashi”: palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada” (Sasaki 1991; EM Technologies 1996) es un tipo de compostaje elaborado mediante la fermentación de materia

orgánica como granza de arroz, estiércol de ganado y otros desechos orgánicos; también, se pueden utilizar materiales del bosque (Kyan *et al.* 1999). Estos materiales orgánicos son fermentados por microorganismos, los cuales pueden ser inoculados o encontrarse presentes en los materiales utilizados. Para que los microorganismos realicen un mejor trabajo se aplica a la materia orgánica melaza como una fuente de carbohidratos y agua (EM Technologies 1996) (Anexo1).

2.2.4 Calidad de los abonos orgánicos

Para asegurar un adecuado proceso en el manejo de los desechos orgánicos y lograr una alta calidad de los abonos es necesario conocer sus propiedades físicas, químicas y biológicas; de las cuales, las más importantes son: humedad, temperatura, materia seca, pH, carbonatos libres, materia orgánica y la determinación de elementos totales: N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg; así como, calcular la relación C/N (Rodríguez *et al.* 2001).

La calidad de los abonos orgánicos depende de muchos factores relacionados con el origen y naturaleza de los residuos que se utilicen en su composición, el proceso de fermentación y de los productos para enriquecerlos (Rodríguez *et al.* 2001). Por esta razón, las características de los abonos orgánicos pueden variar de un lugar a otro, aunque existen parámetros que son básicos para su evaluación:

Propiedades físicas: las propiedades físicas de los abonos orgánicos, la distribución volumétrica sólida, el agua y el aire; de la misma manera que su variación en función del potencial matricial son de mucha importancia dado que no es posible modificar las características físicas básicas. (Nuez 1995, FAO 1986).

La temperatura esta en función del volumen del abono, del oxígeno y del contenido de humedad. Para alcanzar una temperatura deseable durante la fermentación, la altura del montículo de compostaje debe tener un tamaño tal que provea un ambiente de aislamiento en su interior. La temperatura es un factor ambiental importante que afecta la actividad biológica. Cada tipo de microorganismo tiene un rango óptimo de temperatura (Castro 2001).

Es posible entonces, esperar que para cada etapa del proceso de compostaje exista un grupo predominante de microorganismos. Al inicio predominan las bacterias, levaduras, mohos y actinomicetos mesófilos que se desarrollan entre 20 y 45 °C y descomponen con rapidez a los azúcares, el almidón y las proteínas, liberan gran cantidad de energía, que es la causa del notable de

aumento de temperatura que se alcanza en el interior de la pila de compostaje, trascurridas las primeras 48 - 72 horas de establecida (Arozarena *et al.* 2002).

A temperaturas entre 40 – 45 °C, se inicia el desarrollo de los microorganismos termófilos, con predominio de las bacterias y los actinomicetos termófilos. En esta fase termófila son descompuestos lípidos y fracciones de hemicelulosas, la celulosa resultante de la degradación del material orgánico en esa fase, es descompuesta por los actinomicetos y mohos, principalmente, por los primeros. Cuando se reduce la temperatura, producto del agotamiento de las fuentes de carbono, reaparecen los microorganismos mesófilos y los macroorganismos. No obstante, todos ellos pueden estar activos durante el estado termófilo en las capas más superficiales de la pila (Cuadro 5).

Cuadro 5. Diferentes fases que se presentan durante el compostaje.

| <i>FASE</i> | <i>TEMPERATURA(°C)</i> | <i>MICROORGANISMOS PRESENTES</i> |
|-------------------------|-------------------------------------|--|
| RESIDUOS FRESCOS | TEMPERATURA AMBIENTE | BACTERIAS Y HONGOS |
| MESÓFILA | Hasta 45 /50 °C | Gran cantidad de bacterias y hongos mesófilicos. Poca cantidad de bacterias termófilicas. |
| TERMÓFILA I | 50 a 65 °C | Hongos termofílicos. |
| TERMÓFILA II | 65 a 75 °C | Bacterias termofílicas. Desaparición de hongos termofílicos. |
| TERMÓFILA III | 75 a 45/50 °C | Bacterias termofílicas. Actinomicetos. Hongos termofílicos. |
| MADURACIÓN | De 45/50 °C a temperatura ambiental | Actinomicetos, hongos y bacterias mesofílicas. Desaparición de bacterias termofílicas. |

Fuente: Arozarena *et al.* 2002

Las altas temperaturas entre 55 –60 °C, se consideran imprescindibles para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas superiores (y sostenidas), muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporulados; también, pueden producirse combustiones espontáneas y el incendio de las pilas (Arozarena *et al.* 2002).

Espacio poroso total: es el volumen total del sustrato no ocupado por partículas orgánicas. Se divide en poros capilares (muy pequeños), que son los encargados de retener el agua y no capilares (más grandes) que son los que, después del riego, quedan vacíos cuando el sustrato empieza a drenar el exceso de agua y retienen una delgada capa de agua alrededor de las partículas del

sustrato. El valor óptimo del espacio poroso total es de 8.5% del volumen del sustrato (Nuez 1995).

Capacidad de aireación: proporción del sustrato que contienen aire, después de que se ha drenado, representa de 10 a 30% del volumen total. Los abonos orgánicos tienen gran cantidad de microorganismos y una gran vida biológica, que requieren grandes cantidades de oxígeno para descomponer los materiales orgánicos. Prácticamente, en los abonos se necesita el doble o más del oxígeno que en suelos que no contienen abundante materia orgánica (Nuez 1995, Castro 2001).

Agua fácilmente disponible: es aquella que el abono retiene y que la planta succiona sin mucho esfuerzo. El valor óptimo del agua fácilmente disponible es de 20 a 30% del volumen que se aplica (Nuez 1995).

- **Propiedades químicas:** las propiedades químicas de los abonos caracterizan las transferencias de materia entre el abono y la solución del abono. Los materiales orgánicos son los componentes que constituyen en mayor grado la componente química de los sustratos, debido principalmente a la formación y presencia de las sustancias húmicas, el producto final más importante de la descomposición de la materia orgánica (Nuez 1995). A continuación se estudian en forma resumida las propiedades más importantes:

Suficientes nutrientes asimilables: se refiere a las cantidades de nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos que contienen la fuente orgánica elegida y que deben ser informadas por los laboratorios territoriales.

Salinidad: se refiere a la concentración de sales presentes en el abono. Es uno de los problemas ambientales más antiguos de la humanidad, que limitan la productividad de los cultivos y la distribución de las plantas en la naturaleza. Allison (1970) acuñó el término salino aplicándolo a suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25 °C, con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15.

Según Camejo y Torres (2000), las semillas son las primeras en enfrentar las condiciones de estrés, particularmente la salinidad afecta la reanudación del crecimiento activo del embrión como el crecimiento inicial de la plántula, a través de su influencia sobre diferentes procesos fisiológicos y bioquímicos, principalmente su efecto sobre las relaciones hídricas así como la toxicidad de los

iones. En el proceso de germinación, se dan diferentes eventos como son: imbibición de agua, activación y/o síntesis de enzimas relacionadas con la movilización de reservas, traslocación de sustancias hacia el eje embrionario y su crecimiento activo, que se asume a través de la síntesis de nuevos productos. Se tiene que al presentarse una condición de salinidad en el medio, la semilla es la principal en afectarse. La siguiente escala expresa los valores tolerables ds/cm a 25 °C) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Escala de valores para clasificar el contenido de sales del sustrato

| <i>Contenido</i> | <i>Evaluación</i> |
|------------------|---|
| Menor de 0,74 | Muy bajo. |
| De 0,75 a 1,99 | Apropiado para germinación y crecimiento de plántulas (semillero) |
| Mayor de 3,5 | Alto para la mayoría de las plantas. |

Fuente: MINAG 2002.

Baja velocidad de descomposición: todos los materiales para el abono sufren de degradación o descomposición, provocada por la actividad de los microorganismos que ponen a disposición de las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento. Este proceso se identifica como mineralización de la materia orgánica. Razón por la cual, cuando se escogen los materiales para realizar las mezclas de sustratos, resulta muy importante conocer si son más o menos estables y esto viene dado por su contenido de celulosas o ligninas, que los hacen más resistentes.

Capacidad de intercambio catiónico: los materiales orgánicos poseen una elevada capacidad de intercambio catiónico y una alta capacidad tampón frente a cambios rápidos en la disponibilidad de los nutrientes y en el pH. Una capacidad de intercambio catiónico elevada representa un depósito de reserva para los nutrientes, mientras que los materiales con baja capacidad de cambio, como la mayoría de los sustratos minerales, retienen cantidades reducidas de nutrientes y requieren una aplicación frecuente y regular de fertilizantes. La capacidad de los sustratos orgánicos para absorber cationes metálicos depende del pH, cuanto más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico (Bures 1997).

pH: los materiales orgánicos poseen una mayor capacidad tampón (en un amplio intervalo de pH) que los materiales minerales. Con pH de 5.0 a 7.0, la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de disponibilidad. Por debajo de pH 5.0 pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg, B, etc., mientras que, por encima de pH 7.0, puede disminuir la asimilabilidad de Fe, P, Mn, B, Zn y Cu. (Bures 1997; Flaig *et al.* 1977).

Relación carbono / nitrógeno (C/N): la relación C/N se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad. La actividad microbiana se afecta por la relación C/N del material orgánico. La descomposición es muy lenta en el caso de materiales altos en carbono con relación al nitrógeno ($C/N > 30$). Materiales con una baja relación C/N son buenas fuentes de nitrógeno e incluyen estiércoles, fertilizantes inorgánicos y residuos de vegetales, entre otros elementos. La relación óptima de C/N, para una rápida descomposición es de 30/1 o menos. Los materiales que aportan carbono son generalmente de color café o amarillo; mientras que los portadores de nitrógeno tienden a ser de color verde (Castro 2001; Rodríguez *et al* 2001) (Cuadro7).

El riesgo que puede presentarse sobre las plantas cultivadas donde se emplean materiales orgánicos inmaduros, son debidos tanto a una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera. Esta situación está provocada por la actividad de los microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos crudos y utilizan el nitrógeno para la síntesis de sus proteínas celulares. El oxígeno es también consumido por la actividad microbiana (Dalzell *et al* 1994; Nuez 1995).

- **Propiedades biológicas:** todos los sustratos orgánicos, incluso los relativamente estables, son susceptibles de degradación biológica, viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen. La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición (Dalzell *et al* 1994).

En relación, al efecto biológico de los productos de descomposición de los abonos orgánicos, muchos de estos son directamente atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales, tanto a nivel de célula como de órgano, son afectados positivamente por los ácidos húmicos y fúlvicos “per se”. Las sustancias húmicas actúan, asimismo, como transportadoras de los micronutrientes para las plantas (Berjon 1995).

Cuadro 7. Relaciones carbono / nitrógeno (C/N) de algunos materiales empleados para compostaje.

| <i>MATERIALES</i> | <i>RELACION (C/N)</i> |
|---------------------|-----------------------|
| Desechos vegetales | 12:1 |
| Hojas de árboles | 40-80:1 |
| Tusas de maíz | 60:1 |
| Corte de pastos | 19:1 |
| Pulpa de café | 70:1 |
| Aserrín | 400:1 |
| Bagazo de caña | 200:1 |
| Madera | 700:1 |
| Papel | 170:1 |
| Heno de leguminosas | 13:1 |
| Residuos de frutas | 35:1 |
| Leucaena | 13:1 |
| Humus | 10:1 |

Fuente: Ramírez 1997 citado por Castro 2001.

2.3 LOS BIOFERTILIZANTES LIQUIDOS

Los biofertilizantes líquidos son definidos como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes, fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, potencializadoras de diversos nutrientes o productos de sustancias activas, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo. El objetivo es el de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma, que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Martínez y Dibut 1995, Martínez 2002).

Estos biofertilizantes o biopreparados se originan a partir de la fermentación de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes y frutos. La fermentación puede ocurrir con la presencia de oxígeno, caso en el cual se le llama aeróbica, o sin su presencia, caso en el cual se le denomina anaeróbica (Restrepo 2001).

Estos preparados contienen una gran cantidad de sustancias entre las cuales se encuentra la tiamina, la cual desempeña un papel importante en la trofobiosis, al aumentar la inmunidad adquirida en los vegetales; los ácidos nicotínico, pantoténico, ascórbico, fólico, son algunos de los producidos por varios microorganismos y actúan de forma esencial en la síntesis de enzimas, coenzimas, esenciales para los procesos metabólicos. Los biofertilizantes tienen además todos los aminoácidos posibles, producidos por los microorganismos en cantidades muy variables, formando macromoléculas de acción muy importante en las formaciones de foliares (Restrepo 2001, Martínez 2002).

En general los biofertilizantes se han utilizado en suelos o como foliares en cultivos, en donde su concentración de aplicación es del 5%; es decir, utilizando cinco litros del biopreparado por cada cien litros de agua que se apliquen en los cultivos. La importancia de estos bioproductos radica en su capacidad para suplementar o movilizar nutrientes con un mínimo uso de recursos no renovables, además, tiene las ventajas de que los procesos microbianos son rápidos y los biopreparados pueden aplicarse en pequeñas cantidades para solucionar problemas locales específicos (Restrepo 2001, Martínez 2002).

2. 3.1 Tipos de biofertilizantes utilizados en la agricultura orgánica

Los resultados que se han obtenido en el campo de la producción agropecuaria con la aplicación de los biopreparados, biofertilizantes o biofermentados son el fruto directo de la experimentación práctica de las ideas de los productores. Existen en la actualidad algunas variantes en cuanto a la preparación de estos biofertilizantes, una de ellas es a partir de estiércoles de animales; estos productos emplean como materia prima principal estiércoles frescos de bovino, leche cruda o suero enriquecida con melaza de caña de azúcar en fermentación anaeróbica (Restrepo 2001). También, se han preparado el mismo anterior pero se enriquecen con algunos minerales y cenizas, de acuerdo con las necesidades nutricionales requeridas por las plantas cultivadas. Los biofertilizantes enriquecidos contienen una mayor variedad de elementos nutritivos, si se compara con los comerciales, por ejemplo, podemos encontrar minerales (B, Mg, Zn, Mn, Cu, S, N y otros), aminoácidos, vitaminas y hormonas, que son componentes indispensables para que las plantas crezcan sanas y equilibradas, sin que el funcionamiento de su metabolismo sea alterado (Restrepo 2001, Martínez y Dibut 1995). Los biofertilizantes bacterianos, son productos a base de cepas seleccionadas de microorganismo, que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas. Al incrementarse sus poblaciones por medio de la inoculación artificial, los biofertilizantes son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante sus actividades biológicas, una parte

importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo (Martínez 2002). Además, estos biofertilizantes bacterianos presentan mecanismos de acción que contribuyen a su mejor efectividad, tales como la fijación de nitrógeno atmosférico con bacterias fijadoras de forma asociativa (*Azotobacter*, *Azospirillum*), que es considerada como uno de los fundamentales que ocurren en la naturaleza, es tan grande que se considera que si la fijación biológica no se hubiera realizado continuamente en el transcurso de la explotación agrícola, el suelo habría perdido su capacidad de producir hace ya mucho tiempo. La solubilización del fósforo en el suelo, es otro de los mecanismos de acción, considerando que en muchos suelos hay elevadas cantidades de fósforo que se encuentran en formas no asimilables por las plantas (Martínez 2002).

Las bacterias solubilizadoras producen ácidos orgánicos e inorgánicos que actúan sobre estos compuestos de fósforo y los transforma en formas solubles, que pueden ser tomadas por otras plantas. Otro mecanismo es la solubilización de fósforo que sintetizan sustancias biológicamente activas (hormonas, aminoácidos, vitaminas) que pueden ser tomadas por las plantas en las diferentes etapas de su desarrollo, así, pueden estimular la floración y reducir el aborto floral, adelantar la fructificación y la maduración, incrementar el vigor de las plantas y lograr mayor número de productos agrícolas con más tamaño y peso (Martínez 2002).

En Cuba, se utilizan biofertilizantes preparados a base de: a) cepas de *Azotobacter* que se aplican sobre las hortalizas, yuca, boniato, maíz, arroz y cítricos y son capaces de suministrar a los cultivos entre 15-50% de sus necesidades de nitrógeno, mediante su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico; b) mezcla de microorganismos solubilizadores de fósforo, que se aplican también en hortalizas, yuca, boniato, viveros de café y viveros de plantaciones de cítricos y permiten reducir entre 50-100% las necesidades de fertilizante fosfórico, al mismo tiempo que son capaces de estimular los rendimientos; c) biofertilizante con cepas de *Rhizobium*, específicas para frijol, maní, frijol carita y abonos verdes, y que pueden sustituir 75-80% del fertilizante nitrogenado mediante su actividad de nitrógeno atmosférico; d) preparados de cepas de *Azospirillum*, con los que puede sustituirse hasta el 25% del fertilizante nitrogenado en el arroz con la sustitución de una aplicación y ligero incremento del rendimiento y e) preparados con *Micorrizas Vesículo arbuscular* generalizados en viveros de café, que hacen innecesaria la aplicación de fertilizante fosfórico y reducen las necesidades de fertilizantes nitrogenados y potásico; también se acorta el periodo necesario para el transplante (Martínez *et al.* 1993).

Extractos de compostaje y humus de lombriz: los extractos de compost se aplican para enriquecer la filósfera mediante incorporaciones regulares con el propósito de interferir con los patógenos en el sitio de infección, así como, en los sitios de producción del inóculo (Castro y Díaz 2001).

2.3.2 Microorganismos efectivos (EM)

Los microorganismos eficaces (EM) son inoculantes microbianos que tiene diversos usos en agricultura, ganadería, agroindustria y en aplicaciones ambientales. Contiene especies seleccionadas de levaduras, bacterias ácido lácticos, en menor cantidad, bacterias fotosintéticas y hongos actinomicetos, estos microorganismos son compatibles entre sí y coexisten en un cultivo líquido (Kyan *et al.* 1999).

La incorporación de los EM al proceso de producción de Bokashi ha ampliado la gama de utilización de desechos y además se ha encontrado un mayor rango de aplicación, no sólo para mejorar el suelo o para la producción y protección de plantas, sino, para purificar aguas de desecho y suprimir olores en instalaciones ganaderas, avícolas, acuícolas e industriales (Shintani y Tabora 1998; Gigena y Tribaldos 1998; Kyan *et al.* 1999).

2.3.3 Importancia de los abonos orgánicos y biofertilizantes en el manejo de las enfermedades y como promotores de crecimiento vegetal

Según Kolmans y Vásquez (1999), los suelos con contenido de materia orgánica, presentan un equilibrio entre la flora benéfica y la flora patógena, mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, la nutrición de las plantas y activan las defensas de estas. Este potencial de resistencia, puede inducir efectos antagónicos o antibiontes, competidores y parásitos.

Considerando el poder supresivo de los abonos orgánicos Ramírez (1996), señala que el punto de partida en el control biológico de los patógenos cuya vía de infección es la raíz, constituye la obtención de un abono de alta calidad, que no sólo aporte nutrimentos a las plantas; sino que además, permita la colonización de microorganismos supresivos y mantenga la actividad necesaria que posibilita el control de las enfermedades.

Tanto los patógenos foliares y vasculares como los que atacan las raíces, pueden ser afectados por los compostaje. Muchos factores influyen sobre estos efectos benéficos. Por ejemplo, la composición de la materia prima empleada para su preparación determina la microflora activa en ese control. El calor generado durante la preparación del compost puede matar o inactivar a los patógenos. La supresión de patógenos puede darse cuando baja la concentración de los

componentes de fácil degradación biológica que se encuentran en los desechos, y como resultado, disminuye la disponibilidad de fuentes nutritivas, además, la mayoría de agentes de control biológico en este caso mesofílicos se desarrollan a temperaturas inferiores a 40°C y recolonizan el compost ocupando el espacio de los patógenos (Hoitink *et al.* 1997).

Para inducir la supresión, el contenido de humedad debe ser suficientemente alto (al menos 40-50%, p/p), para que bacterias y hongos colonicen el sustrato, después de alcanzar el punto máximo de calor. El pH del compost también afecta el potencial de las bacterias benéficas para colonizarlos. Un pH menor de 5.0 inhibe los agentes bacteriales de control biológico (Hoitink *et al.* 1991). El contenido de humedad del compost afecta significativamente el potencial de los mesófilos bacterianos para colonizar el sustrato después de alcanzar el punto máximo de calor. Los compost secos (<de 34% de humedad, p/p) son colonizados por hongos y son conductores de enfermedades causadas por *Pythium* (Hoitink *et al.* 1991).

Los agentes supresivos de enfermedades y que se encuentran presentes en los abonos orgánicos o compost son: *Enterobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Flavobacterium balustinum*, *Streptomyces sp.*, *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Gliocladium virens* y entre otros (Chung y Hoitink 1990; Hadar y Gorodecki 1991).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

Los experimentos se realizaron en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), en el Centro de Investigación de Recursos Genéticos (CIARG), provincia de Coclé, Distrito de Antón, Corregimiento de Río Hato, Panamá (Figura 1). Esta zona presenta tierras bajas con precipitación irregular de la Costa Pacífica del Istmo, con una latitud de 08°21' 739" N y longitud de 08°09' 179" W

De acuerdo a la clasificación de Holdrige (1979), el área se encuentra ubicada dentro de la zona de vida del Bosque Seco Tropical, presenta elevaciones de 13 msnm, una temperatura promedio anual de 32°C y una precipitación promedio de 900 mm

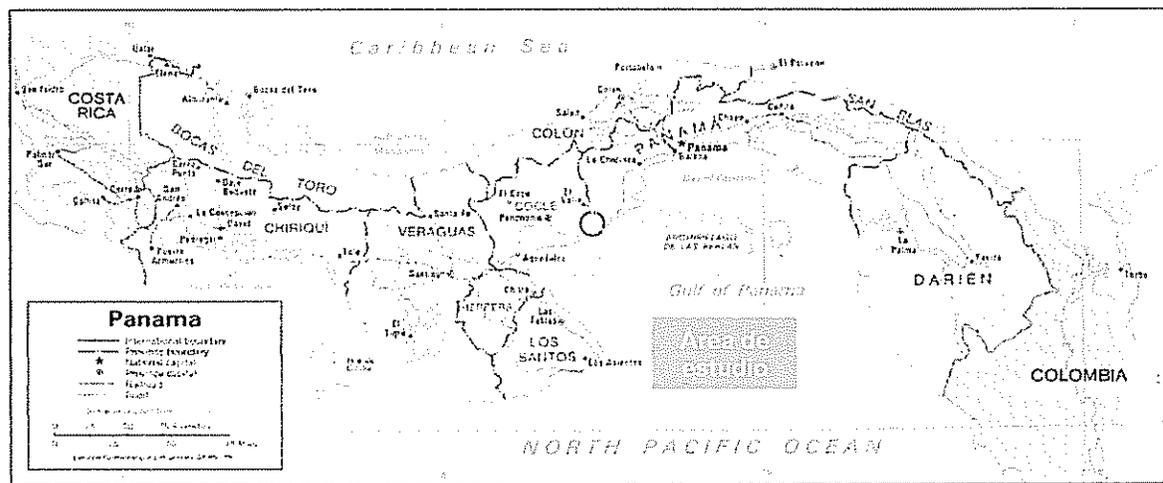


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio, Centro de Investigación Agropecuario de Recursos Genéticos (CIARG), Río Hato, provincia de Coclé, Panamá

3.2. Características de la casa de cultivo utilizada

Las casas de cultivo en Panamá son empleadas básicamente para ofrecerle al cultivo protección contra lluvias, así como, el ataque de plagas y enfermedades. Se controlan algunos factores ambientales como luz y altas temperaturas. La luz es controlada a través de las mallas de saran y con la calidad de los plásticos y la temperatura con sistemas de riego (Figura 2). Las características de la casa de cultivo utilizada para este trabajo se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Características de la casa de cultivo

| <i>Materiales y equipos</i> | <i>Características</i> |
|--------------------------------|--|
| Estructura fija a dos aguas | 5 x 20 m |
| Área del Módulo | 100 m ² |
| Altura central y lateral | 2.40 m con ventilación cenital de 0.50 m |
| Altura del piso hasta cumbrera | 3.50 m |
| Cubierta superior | Hojas plástica onduladas calibre N° 5 |
| Cubierta lateral | Malla antiáfido de 32 mesh |
| Estructura principal | Carriola galvanizada |
| Párales | Cada paral esta compuesto por un tubo de 3 pulgadas de diámetro, reforzadas con acero instaladas en la base de concreto con área de 0.30m y 0.40m de profundidad |
| Cercha | Cada cercha es de carriola galvanizada de 3 pulgadas de diámetro, doble con abertura cenital, compuesta por dos carriolas de 3 pulgadas de diámetro inclinadas |
| Frontales | Los frontales están compuestos por la cercha principal y párales ya descritos, con puertas de madera cubierta de malla antiafidos de 32 mesh para reducir los ataques de insectos vectores de virus. |
| Laterales | Los laterales están compuesta por un tubo negro de 3 pulgadas de diámetro |
| Techo | Compuesto por dos (2) aguas (tipo capilla), cubierta de hojas plásticas corrugadas calibre 5. Todas las cerchas están unidas con carriolas fortaleciendo toda la estructura |
| Sistema de riego | Micro aspersión accionado manualmente, con un caudal de descarga de 60 litros /hora. |
| Piso: | Grava |

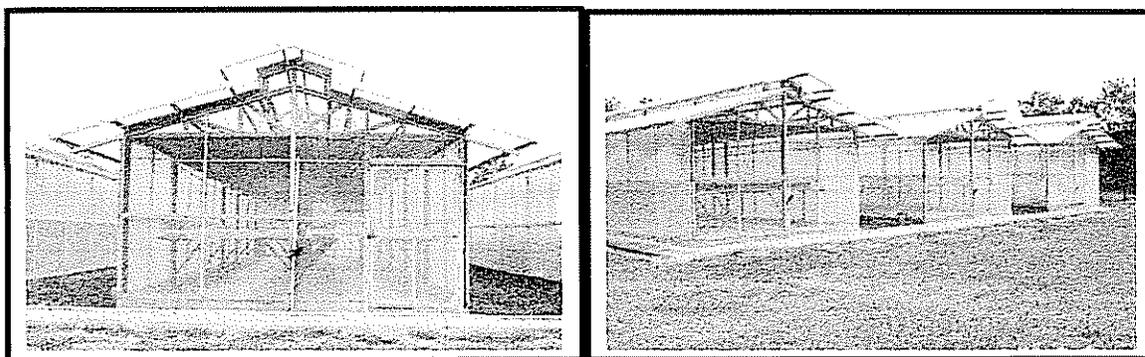


Figura 2 Vista panorámica de las casas de cultivo utilizada para los experimentos IDIAP, Río Hato, Panamá 2002.

3.3 Manejo agronómico del semillero

Se sembró la variedad de tomate IDIAP-T8 tipo perita para uso industrial. Esta variedad surgió del cruzamiento DINA x Tai43 tiene hábito de crecimiento semi determinado, con rendimientos superiores a 1,000 qq/ha (45,854 Kg/ha) y tolerancia a la marchitós bacteriana (Anexo 2) (IDIAP 2000b). Se utilizaron cuatro onzas de semilla por experimento con porcentajes de germinación superior al 80%. La siembra se realizó en bandejas de polipropileno de alta densidad con protección contra rayos ultravioleta, celdas cónicas de 2.5 cm de diámetro y 5.0 cm de profundidad, a razón de una semilla por celda a una profundidad constante de 0.5 centímetros. Se sembraron un total de 280 semillas por cada bandeja o contenedor y se obtuvo un total de 25,200 plantas para cada experimento.

Un monitoreo diario de las plántulas permitió determinar problemas de plagas o enfermedades. El sistema de riego utilizado fue por microaspersión con descarga de 60 lts/hora manteniendo el suelo a capacidad de campo, a través de dos riegos al día (mañana y tarde) por 15 - 20 minutos cada uno.

3.4 Descripción de la metodología

3.4.1 Análisis físico-químico de los materiales, abonos y sustratos orgánicos

Los materiales, abonos orgánicos y los sustratos usados fueron analizados para determinar el contenido de macro y micro elementos, pH, materia orgánica (MO), relación C/N y la salinidad presentes en las muestras. Para estos análisis se usaron muestras de 150 gramos para el análisis químico completo y 20 gramos para los análisis de pH, materia orgánica y nitrógeno total por cada sustrato. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos del IDIAP, Panamá.

3.4.2 Prueba preliminar de concentraciones

Se realizó una prueba preliminar previo a cada experimento, para verificar la concentración de biofertilizante líquido adecuada a aplicar sobre las plántulas. Las concentraciones establecidas fueron: 1:10 y 1:50 para los experimentos No. 1, 2 y 3 respectivamente.

3.4.3 Experimento No 1:

Efecto de abonos orgánicos y biofertilizante foliar elaborados con residuos de caña sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate.

3.4.3.1 Preparación del abono orgánico con residuos de caña (C)

Con los residuos de caña (bagazo y cachaza*), obtenidos de los ingenios azucareros cercanos a la zona de estudio, se preparó el abono. El bagazo y cachaza se mezclaron en proporción 6:4 (peso seco) hasta obtener una masa homogénea. La mezcla se separó en dos montículos. Uno de ellos se trató con una mezcla de melaza, EM y agua en proporción 1:1:50, respectivamente. Al montículo restante se le adicionó la mezcla de melaza y agua (proporción 1:50). En ambos casos, se controló la humedad hasta obtener una humedad aproximada al 40%. El control de la humedad se hizo con el método empírico del puño para el cual se sacó del centro de la abonera un puño de material, se exprimió con firmeza y se verificó que no se presentaran gotas de agua entre los dedos y que al abrirse la mano se formara un terrón que mantuviera su forma pero se desintegrara con un toque ligero. Luego se colocaron estas mezclas en bolsas plásticas debidamente rotuladas, herméticamente cerradas e introducidas en baldes o estañones con el fin de dejarlos fermentar anaeróticamente, por un lapso de dos semanas. Transcurridas estas dos semanas, se sacaron las bolsas con el abono y se procedió a preparar el sustrato (Figura 3).

* **Bagazo:** subproducto agroindustrial, residuo fibroso de la caña de azúcar después de la extracción del jugo; es rico en celulosa y lignina, componentes que son útiles para la obtención de humus y abonos orgánicos. Los usos de bagazo incluyen: complemento de alimentación animal, combustible, producción de papel, producción de tableros para coches, producción de etanol y abonos orgánicos (Cabrera 2002)

Cachaza: proviene del proceso de fabricación de panela y azúcar, fundamentalmente, durante la etapa de clarificación. La cachaza aglutina los sólidos en suspensión, demás sustancias coloidales, colorantes presentes en el jugo original de la caña y los extractos mucilaginosos añadidos para mejorar el proceso de clarificación (Bautista 1991)

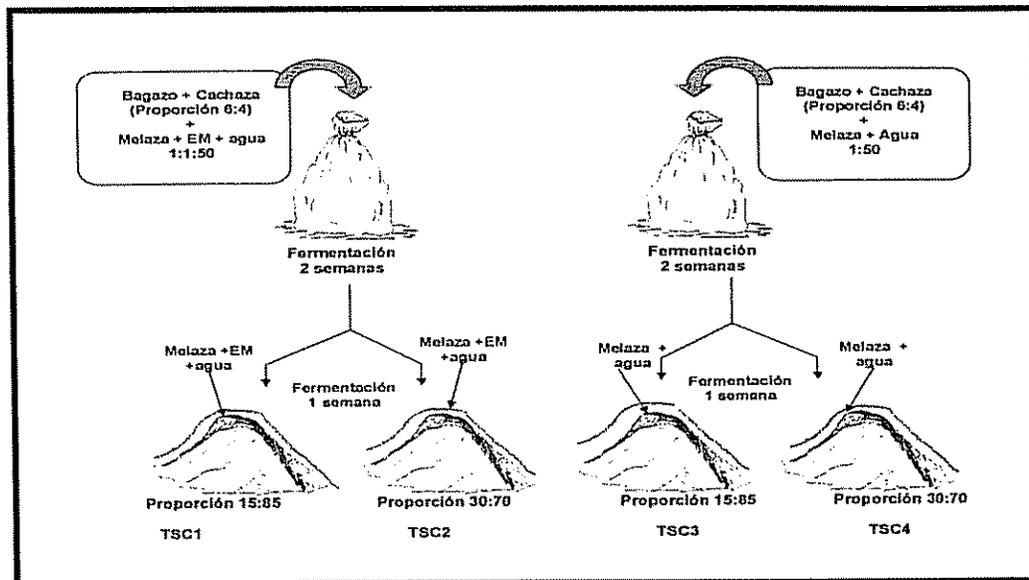


Figura 3. Esquematación de la elaboración de abono orgánico con residuos de caña – experimento No. 1.

Después de dos semanas de fermentación, se tomó de cada una de las bolsas marcadas una cantidad de abono orgánico correspondiente a las proporciones seleccionadas para el experimento No.1: TSC1= 15% abono orgánico con EM + suelo de bosque, TSC2= 30% abono orgánico con EM + suelo de bosque, TSC3= 15% abono orgánico sin EM + suelo de bosque y TSC4= 30% abono orgánico sin EM + suelo de bosque. Una vez obtenida la mezcla para cada montículo que constituyeron los tratamientos (TSC1, TSC2, TSC3 y TSC4), se procedió a agregar la mezcla de melaza, EM y agua en proporción 1:1:50 respectivamente, únicamente a los montículos que correspondieron al tratamiento TSC1 y TSC2. Los tratamientos TSC3 y TSC4 solamente recibieron la mezcla de melaza y agua en proporción 1:50 respectivamente. En ambos casos, se controló la humedad hasta obtener una humedad de 45-50%, la cual fue determinada por la prueba del puño. Cada montículo fue rotulado y cubierto con sacos de fibra para favorecer el inicio de la fermentación aeróbica. Al tercer día de fermentación se procedió a revolver o voltear la mezcla para propiciar una buena aireación. La temperatura se monitoreo de manera que se mantuviera en 50°C aproximadamente. Finalizado este tiempo, se distribuyeron en las bandejas.

3.4.3.2 Preparación del biofertilizante líquido

Se elaboró un extracto de los abonos orgánicos (Ver 3.4.1). Para ello, se colocó en trozos de tela de algodón de 0.25 x 0.25 cm, separadamente, 100 gramos del abono orgánico, se amarraron bien y se introdujeron en recipientes plásticos para disolver esta masa de abono en 10 litros de agua por 30 minutos y así obtener, en cada caso, una solución madre. A partir de cada una de estas soluciones

madres, se procedió a realizar diluciones en las siguientes concentraciones en solución madre y agua (1:10 y 1:50) respectivamente, constituyendo de esta manera, los tratamientos foliares: TFC1= 1cc biofertilizante: 10cc agua con EM, TFC2= 1cc biofertilizante: 50cc agua con EM, TFC3= 1cc biofertilizante: 10cc agua sin EM y TFC4= 1cc biofertilizante: 50cc agua sin EM (Figura 4).

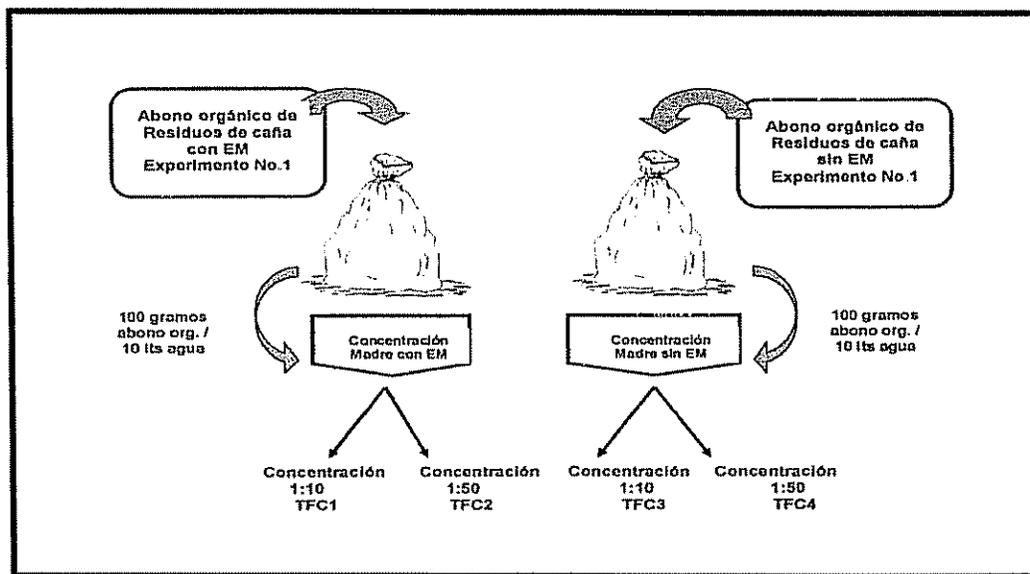


Figura 4. Esquematación de la elaboración de los biofertilizantes líquidos evaluado en el Experimento No 1.

Las concentración 1:10 y 1:50 del biofertilizante líquido preparado para cada uno de los tratamientos, se aplicó vía foliar sobre las plántulas de tomate, utilizando una bomba de aspersión manual de 1 litro. Las aplicaciones se realizaron en frecuencias de 5,10 y 15 días después de siembra (dds).

Tratamientos evaluados

Se evaluó un total de 30 tratamientos en tres repeticiones (Cuadro 9).

Cuadro 9. Descripción de los tratamientos para experimento No. 1 con residuos de caña.

| No. Tratamiento | Descriptor | Abono:suelo | Biofertilizante:agua |
|-----------------|--------------|--------------------|----------------------|
| 1 | TSC1 + TFC1 | (15: 85) | (1:10) |
| 2 | TSC1 + TFC2 | (15:85) | (1:50) |
| 3 | TSC1+ TFC3 | (15: 85) | (1:10) |
| 4 | TSC1 + TFC4 | (15:85) | (1:50) |
| 5 | TSC1 + TFC5 | (15:85) | SIN FOLIAR |
| 6 | TSC2 + TFC1 | (30:70) | (1:10) |
| 7 | TSC2 + TFC2 | (30: 70) | (1:50) |
| 8 | TSC2 + TFC3 | (30:70) | (1:10) |
| 9 | TSC2 + TFC4 | (30:70) | (1:50) |
| 10 | TSC2 + TFC5 | (30:70) | SIN FOLIAR |
| 11 | TSC3 + TFC1 | (15: 85) | (1:10) |
| 12 | TSC3 + TFC2 | (15: 85) | (1:50) |
| 13 | TSC3 + TFC3 | (15: 85) | (1:10) |
| 14 | TSC3 + TFC4 | (15: 85) | (1:50) |
| 15 | TSC3 + TFC5 | (15: 85) | SIN FOLIAR |
| 16 | TSC4 + TFC1 | (30:70) | (1:10) |
| 17 | TSC4 + TFC2 | (30:70) | (1:50) |
| 18 | TSC4 + TFC3 | (30:70) | (1:10) |
| 19 | TSC4 + TFC4 | (30:70) | (1:50) |
| 20 | TSC4 + TFC5 | (30:70) | SIN FOLIAR |
| 21 | TSCo5 + TFC1 | sustrato comercial | (1:10) |
| 22 | TSCo5 + TFC2 | sustrato comercial | (1:50) |
| 23 | TSCo5 + TFC3 | sustrato comercial | (1:10) |
| 24 | TSCo5 + TFC4 | sustrato comercial | (1:50) |
| 25 | TSCo5 + TFC5 | Sustrato comercial | SIN FOLIAR |
| 26 | TSSu6 + TFC1 | SIN ABONO | (1:10) |
| 27 | TSSu6 + TFC2 | SIN ABONO | (1:50) |
| 28 | TSSu6 + TFC3 | SIN ABONO | (1:10) |
| 29 | TSSu6 + TFC4 | SIN ABONO | (1:50) |
| 30 | TSSu6 + TFC5 | SIN ABONO | SIN FOLIAR |

3.4.4 Experimento No. 2:

Efecto del abono orgánico y biofertilizante líquido, elaborados con residuos de arroz (pulidura y cascarilla) y gallinaza sobre el crecimiento y desarrollo plántulas de tomate.

3.4.4.1 Preparación del abono orgánico con residuos de arroz y gallinaza (AG)

Para la elaboración de este abono orgánico se utilizó pulidura, cascarilla de arroz, gallinaza y una mezcla de melaza, EM y agua (proporción 1:1:50).

Las materias primas (pulidura, cascarilla de arroz y gallinaza*) en proporción 1:1:1, se mezclaron hasta obtener una masa homogénea, luego se dividió el total en dos montículos, a uno de ellos se trató con una mezcla de melaza, EM y agua (proporción 1:1:50, respectivamente) y al otro se le adicionó la mezcla de melaza y agua (proporción 1:50). En ambos casos, se mantuvo una humedad de aproximadamente 40%. Para la preparación del abono y sustrato, se aplicó los mismos procedimientos utilizados en la elaboración del abono anterior con residuos de caña (Ver 3.4.3.1).

Los tratamientos para este experimento fueron: TSAG1= 15% abono orgánico con EM + suelo de bosque, TSAG2= 30% abono orgánico con EM + suelo de bosque, TSAG3= 15% abono orgánico sin EM + suelo de bosque y TSAG4= 30% abono orgánico sin EM + suelo de bosque (Figura 5).

A partir de los abonos orgánicos se procedió a la elaboración del biofertilizante líquido, que fueron aplicados a las plántulas de tomate en forma foliar a partir de los cinco días después de siembra. A partir de la solución madre, se procedió a realizar las diluciones en las siguientes concentraciones (1:10 y 1:50) y se formaron de esta manera los tratamientos foliares: **TFAG1**= 1cc biofertilizante: 10cc agua con EM, **TFAG2**= 1cc biofertilizante: 50cc agua con EM, **TFCAG3**= 1cc biofertilizante: 10cc agua sin EM y **TFAG4**= 1cc biofertilizante: 50cc agua sin EM.

Pulidura/semolina de arroz/harinilla/arrocillo: es un subproducto de arroz que se obtiene de la molienda de este grano, está formado por las capas aleurónicas, la capa interna del pericarpio, las partes de material almidonoso y otros diferentes componentes. Es uno de los ingredientes que favorecen, en alto grado, la fermentación de los abonos, la cual se incrementa por la presencia de vitaminas complejas en la pulidura o en afrecho de arroz. Aporta nitrógeno, y es muy rica en otros nutrientes, como fósforo, potasio, calcio y magnesio (Restrepo 2000, Campobada 2002).

Cascarilla de arroz: constituye un desecho de los centros de pilado donde se descascara este cereal, es una fuente rica en sílice, lo que beneficia a los vegetales, ya que los hace más resistentes a los ataques de insectos y microorganismos. Mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. De igual forma beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas (Restrepo 2001).

Gallinaza: La gallinaza es un desecho de origen animal, esta compuesta por la mezcla de excretas puras de gallinas con la cama, residuos de concentrados, plumas, huevos rotos, etc. La composición química es extremadamente variada y depende del tipo de ave, del tipo de cama, de la alimentación de las aves y otros factores. Sin embargo, constituye la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos fermentados. Su principal aporte es mejorar las características de la fertilidad del suelo con algunos nutrientes, como fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro (Restrepo 2001, Hernández y Cruz 2002).

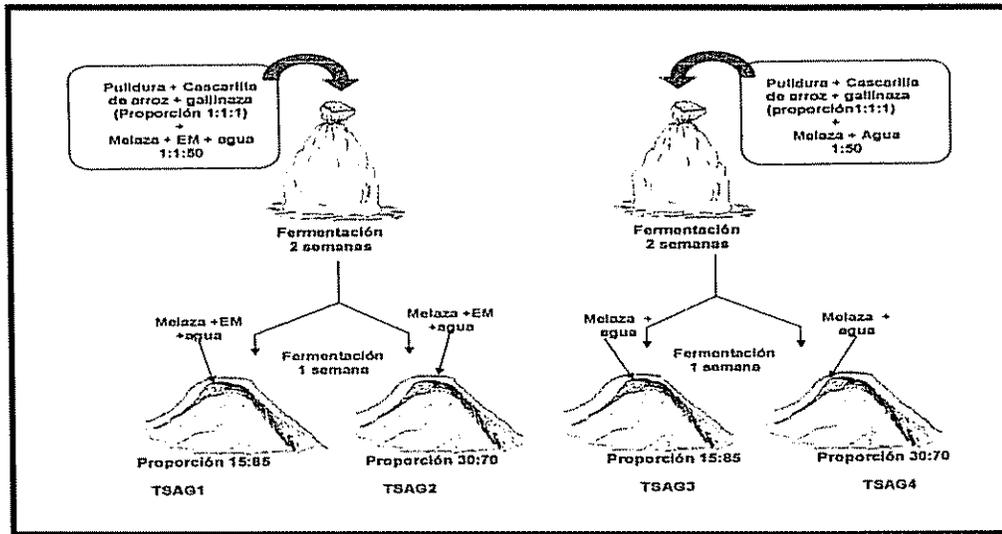


Figura 5. Esquematación de la elaboración de abono orgánico residuos de arroz y gallinaza. Experimento No. 2

Para la elaboración de estos biofertilizantes con residuos de arroz y gallinaza se aplicó la metodología utilizada en los biofertilizantes anteriores (Ver 3.4.3.2) (Figura 6).

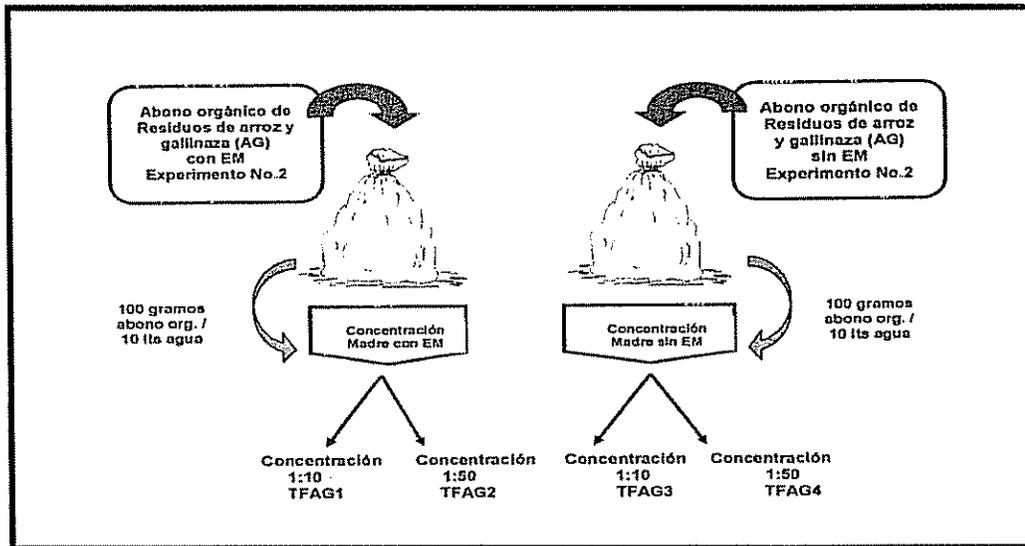


Figura 6. Esquematación de la elaboración de los biofertilizantes líquidos utilizados en experimento No. 2.

Las aplicaciones se realizaron en frecuencias de 5, 10 y 15 días después de siembra (dds), sobre las hojas verdaderas de las plántulas.

Los tratamientos de este experimento estuvieron conformados por un total de 30 tratamientos y tres repeticiones (Cuadro 10).

Cuadro 10. Descripción de los tratamientos para experimento No.2 con residuos de arroz y gallinaza.

| <i>No. Tratamientos</i> | <i>Descriptor</i> | <i>Sustrato</i> | <i>Biofertilizante foliar</i> |
|-------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|
| 1 | TSAG1 + TFAG1 | (15: 85) + | (1:10) |
| 2 | TSAG1 + TFAG2 | (15:85) + | (1:50) |
| 3 | TSAG1+ TFAG3 | (15: 85) + | (1:10) |
| 4 | TSAG1 + TFAG4 | (15:85) + | (1:50) |
| 5 | TSAG1 + TFAG5 | (15:85) + | SIN FOLIAR |
| 6 | TSAG2 + TFAG1 | (30:70) + | (1:10) |
| 7 | TSAG2 + TFAG2 | (30: 70) + | (1:50) |
| 8 | TSAG2 + TFAG3 | (30:70) + | (1:10) |
| 9 | TSAG2 + TFAG4 | (30:70) + | (1:50) |
| 10 | TSAG2 + TFAG5 | (30:70) + | SIN FOLIAR |
| 11 | TSAG3 + TFAG1 | (15: 85) + | (1:10) |
| 12 | TSAG3 + TFAG2 | (15: 85) + | (1:50) |
| 13 | TSAG3 + TFAG3 | (15: 85) + | (1:10) |
| 14 | TSAG3 + TFAG4 | (15: 85) + | (1:50) |
| 15 | TSAG3 + TFAG5 | (15: 85) + | SIN FOLIAR |
| 16 | TSAG4 + TFAG1 | (30:70) + | (1:10) |
| 17 | TSAG4 + TFAG2 | (30:70) + | (1:50) |
| 18 | TSAG4 + TFAG3 | (30:70) + | (1:10) |
| 19 | TSAG4 + TFAG4 | (30:70) + | (1:50) |
| 20 | TSAG4 + TFAG5 | (30:70) + | SIN FOLIAR |
| 21 | TSCo5 + TFAG1 | sustrato comercial + | (1:10) |
| 22 | TSCo5 + TFAG2 | sustrato comercial + | (1:50) |
| 23 | TSCo5 + TFAG3 | sustrato comercial + | (1:10) |
| 24 | TSCo5 + TFAG4 | sustrato comercial + | (1:50) |
| 25 | TSCo5 + TFAG5 | Sustrato comercial + | SIN FOLIAR |
| 26 | TSSu6 + TFAG1 | SIN ABONO + | (1:10) |
| 27 | TSSu6 + TFAG2 | SIN ABONO + | (1:50) |
| 28 | TSSu6 + TFAG3 | SIN ABONO + | (1:10) |
| 29 | TSSu6 + TFAG4 | SIN ABONO + | (1:50) |
| 30 | TSSu6 + TFAG5 | SIN ABONO + | SIN FOLIAR |

3.4.5 Experimento No. 3:

Efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre el sustrato utilizado para el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate.

3.4.5.1 Preparación del sustrato

Este experimento se planteó en función de los resultados obtenidos en el experimento No.1 y No. 2 tanto en proporciones de mezclas de sustratos como de concentraciones finales de biofertilizantes líquidos. Los tratamientos con sustratos que presentaron los mejores resultados se seleccionaron y colocaron en un esterilizador, donde se sometieron a una temperatura de 93°C por 24 horas, trascurrido este tiempo, se sacó el sustrato del esterilizador y se extendió por al menos 48 horas para permitir la eliminación de gases tóxicos que puedan causar la muerte a las semillas o plántulas. Con los sustratos esterilizados se procedió a llenar las bandejas o contenedores y se efectuó la siembra con la semilla de tomate IDIAP-T8 (Figura 7).

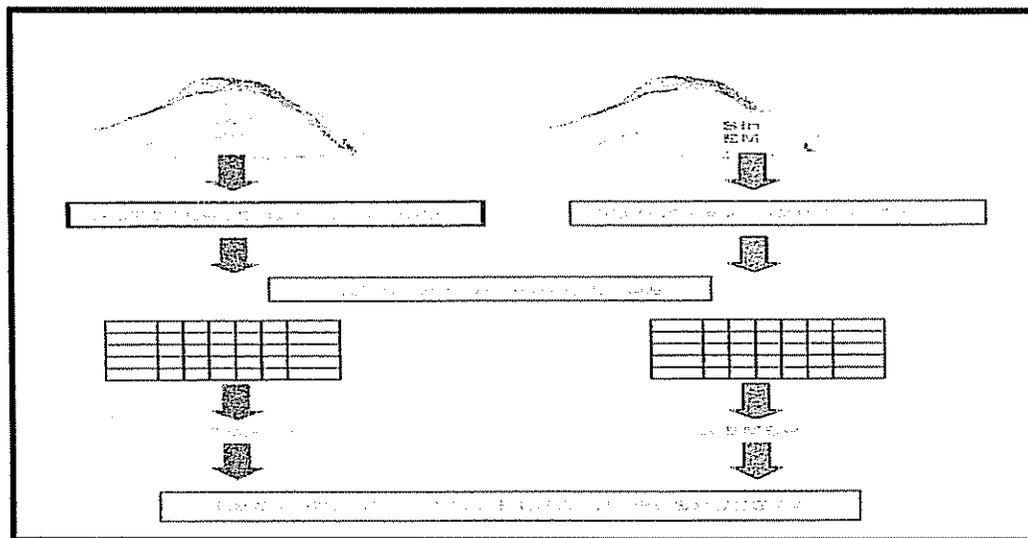


Figura 7. Esquema de la preparación de los sustratos evaluados en experimento No.3.

3.4.5.2 Preparación del biofertilizante líquido

Se tomaron 100 gramos de los abonos orgánicos que fueron previamente esterilizados y se disolvieron en 10 litros de agua destilada estéril hasta obtener una solución madre, a partir de esta solución madre se realizaron las diluciones en las concentraciones seleccionadas de los experimentos No.1 y No.2 (Figura 8).

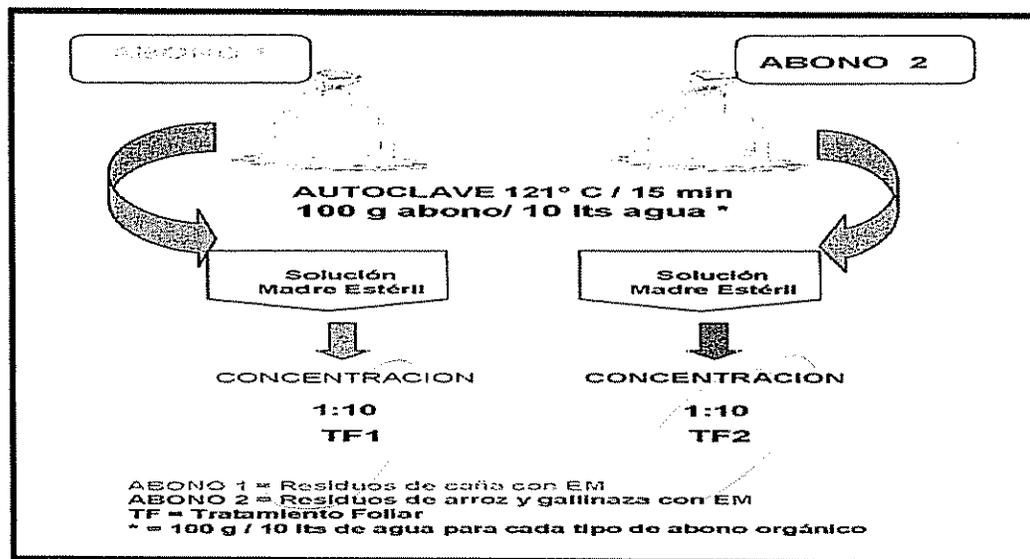


Figura 8. Esquema de la preparación de los biofertilizantes líquidos evaluados en experimento No.3.

Tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron los mejores tratamientos que se obtuvieron en el ensayo No.1 y 2 respectivamente:

Tratamientos suelo

TSC1 = Sustrato estéril con abono de residuos de caña con EM (30% abono orgánico + 70 % suelo de bosque)

TSAG2 = Sustrato estéril con abono de residuos de arroz -gallinaza con EM (30% abono orgánico + 70 % suelo de bosque)

Tratamientos foliares

TFC1 = biofertilizante líquido de abono orgánico estéril de residuos de caña concentración 1:10

TFAG2= biofertilizante líquido de abono orgánico estéril de residuos de arroz-gallinaza concentración 1:10

Testigo absoluto = sustrato estéril (tierra) con biofertilizante líquido del sustrato estéril

Los tratamientos estuvieron formados por cuatro tratamientos, un testigo y tres repeticiones

T1= TSC1 + TFC1

T2= TSC1 +TFAG2

T3= TSAG2 + TFC1

T4= TSAG2 + TFAG2

T5= Testigo absoluto

3.4.6 Diseño y análisis de experimentos

Para cada experimento se realizaron los siguientes procedimientos:

- **VARIABLES DE RESPUESTA**

Las variables evaluadas en cada uno de los experimentos fueron las características fenológicas y sanidad de las plántulas, que fueron medidas en cuatro momentos: a los 5, 10, 15 y 20 días después de la siembra (dds).

En cada ocasión se evaluaron las siguientes variables:

- **Porcentaje de emergencia:** a los 5 dds
- **Porcentaje de incidencia de mal del talluelo:** a los 5-10-15-20 dds
- **Contenido de clorofila:** 10-15-20 dds
- **Calidad y cantidad:** 10-15-20 dds
- **Biomasa:** 20 dds

Para realizar las mediciones se utilizaron los siguientes parámetros:

Germinación: se midió en porcentajes (%), haciendo conteos de plántulas emergidas.

Sanidad: se midió en porcentajes (%) de incidencia de plantas enfermas por mal del talluelo.

Contenido de clorofila: se midió en unidades SPAD, con la ayuda de un aparato medidor de clorofila, MINOLTA clorofilmeter. Los valores SPAD se basan en el principio de que parte de la luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con la celda detectora del SPAD y es convertida en señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada y la absorbancia es cuantificada en valores que van de 0 a 199, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas (Yadava 1986, Krugh *et al.* 1994).

Calidad y cantidad: para las mediciones de calidad y cantidad se hicieron las siguientes mediciones: la altura de planta, se midió en centímetros desde el nivel del sustrato hasta el ápice principal del tallo y el diámetro del tallo, medido en milímetros con un vernier, a 15 cm por encima del sustrato.

Determinación de biomasa: esta medida se realizó sólo al final del experimento a los 20 días después de siembra. Para determinar la biomasa tanto de la raíz como parte aérea, se procedió a la separación del sustrato por medio del lavado cuidadoso con agua abundante. Posteriormente, se

procedió a sacar al azar una muestra de 20 % (56 plántulas de las 280 plántulas por bandeja). Un corte a la altura de la inserción del cuello del tallo separó la parte aérea de la planta de las raíces. Las muestras se colocaron en bolsas de papel y se tomó el peso fresco en gramos en una balanza y se secaron al horno a una temperatura de 70 °C (aproximadamente) por 48 horas para obtener el peso seco (Littleton 2000).

- **Diseño experimental**

Para los experimentos No.1 y No.2, se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 6 x 5, es decir, un factor de seis y uno de cinco niveles con 30 tratamientos y tres repeticiones. En total el experimento estuvo compuesto de 90 bandejas en tres filas de 30 unidades experimentales, que estuvieron sembradas con una semilla por alvéolo. Se seleccionó al azar diez alvéolos o plántulas, para las respectivas mediciones (Cuadro 11).

En el experimento No 3 se empleó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2 x 2 (dos factores de suelo, dos factores foliares, un testigo y tres repeticiones). En total el experimento estuvo compuesto por 15 unidades experimentales. Las unidades experimentales estuvieron representadas por cada una de las bandejas o contenedores con 280 alvéolos y las unidades de muestreo fueron las plántulas de tomate.

- **Modelo matemático**

El modelo matemático utilizado en cada experimento y que describe el comportamiento de las variables de respuesta es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

μ = Media poblacional

α = Efecto del i-ésimo abono orgánico

β = Efecto del j-ésimo biofertilizante foliar

$\alpha\beta_{ij}$ = interacción de abono orgánicos y biofertilizantes foliar

ε_{ijk} = Error experimental para cada observación.

Cuadro 11. Grados de libertad del experimento

| <i>F. de V.</i> | <i>g. de L.</i> |
|-----------------------|-----------------|
| Tratamientos | 29 |
| Repeticiones | 2 |
| Factor A (Abono org) | |
| Factor B | 5 |
| (Biofertilizante) | 4 |
| A X B | 20 |
| Error | 40 |
| Total | 90 |

- **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico SAS para determinar el efecto de los factores sustrato y biofertilizante foliar, así como la interacción entre ambos factores.

Adicionalmente se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan para la comparación entre medias de tratamientos. Las relaciones entre las variables se hicieron utilizando modelos de regresiones (Procedimientos Proc GLM –SAS) (Stell y Torrie 1988).

3.4.7 Análisis de costos

Para el análisis de costo se utilizó la información sobre los costos, recopilada a través de un registro semanal de las actividades realizadas, insumos adquiridos y mano de obra durante la fase de investigación. Los flujos de costos se elaboraron utilizando precios constantes del mercado año 2002. Los insumos correspondientes para estos ensayos fueron los siguientes: bagazo y cachaza de caña, gallinaza, pulidura, cascarilla de arroz, sustrato comercial, melaza de caña, microorganismos eficaces; y los materiales como: aspersores manuales, palas, machetes, tanques y bolsas plásticas, manguera de riego, carretilla, sacos de fibras y regadera manual. La mano de obra se utilizó para la elaboración de abonos y sustratos; lavado, llenado, siembra y riego de bandejas de germinación; medición de variables de respuesta, monitoreo de plagas y enfermedades, limpieza de invernaderos. Todos estos aspectos nos permitieron estimar el costo de los abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos preparados para este trabajo de investigación.

4. Resultados y discusión

4.1 Contenido de nutrimentos en los materiales, abonos orgánicos y sustratos

Antes de iniciar cada uno de los experimentos, se realizaron análisis físico-químicos de los materiales, abonos orgánicos y sustratos evaluados (Anexos 3, 4, 5 y 6). Los análisis químicos de los diferentes materiales utilizados para la elaboración de los abonos orgánicos muestra que el suelo es predominantemente franco arcilloso, con bajo contenido de materia orgánica (1.54%), calcio (0.67 Meq/100 ml) y magnesio (0.13 Meq/100 ml), no mostró valores altos de elementos menores (Mn, Fe, Zn y Cu) por lo que no se presentó efecto fitotóxico. Sin embargo, presentó un alto contenido de potasio (254 Ug/ml) y fósforo (35 Ug/ml). Se consideró como un suelo óptimo para el cultivo de tomate con los valores que presenta (Anexo 3).

La cachaza contenía más cantidades de N, Ca, y Mg que el bagazo a pesar de que el contenido de materia orgánica fue superior en bagazo (56.3%) que en cachaza (13.4%). La gallinaza presentó mayores contenidos de nutrientes que las otras enmiendas (pulidura, cascarilla y carbón vegetal) (Anexo 4).

Nutrimentos en los abonos orgánicos evaluados: el Anexo 5 muestra que los *abonos orgánicos compuestos por residuos de caña (AC) con y sin EM* presentan una relación C/N de 11.9 y 11.4, un pH alcalino (7.9 y 8.1 respectivamente) y niveles elevados de fósforo 1,089 Ug/ml y 1,023 Ug/ml respectivamente. Aunque los dos abonos tenían valores altos de P y K no aptos para el buen desarrollo y crecimiento del cultivo (IDIAP 2002)* la presencia de los microorganismos contribuyó a una mayor descomposición de los materiales utilizados permitiendo una mayor liberación de minerales en los abonos (como P, K); esto no se observó con los elementos Ca y Mg.

Para el *abono basado en residuos de arroz y gallinaza (AAG) con EM y sin EM* (Anexo 5), el análisis mostró que tanto el N, P, y K se presentaron con valores altos. El pH presenta valores bajos (5.5 y 5.6 respectivamente) y esto puede ser debido al alto contenido de amonio en la gallinaza, lo que afecta la actividad microbiana en los abonos. El contenido de materia orgánica fue alto > 56.4 %, la relación C/N de 11.7 y 11.8 respectivamente, los contenidos de elementos menores se mantienen en valores aceptables y se mejoró la concentración de Mg disponible. En estos mismos abonos los contenidos de P y K ^{críticos} presentaron valores superiores a niveles críticos (P 440

* Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 2002. Niveles críticos para los elementos P y K en función de los suelos predominantes en Panamá (entrevista). Panamá, PA, Laboratorio de suelos.

Ug/ml y K 165 Ug/ml)* recomendados para el cultivo de tomate en Panamá (1, 507 Ug/ml y 3.910 Ug/ml para abono (AG) con EM y 1,232 Ug/ml y 3.910 Ug/ml para abono (AG) sin EM respectivamente) los que pueden causar desbalances nutricionales de otros elementos, trayendo como consecuencia un menor desarrollo y rendimiento en el cultivo.

Nutrimientos en sustratos orgánicos: en los *sustratos elaborados con abono basado en residuos de caña (SAC) con y sin EM*, debido a las diferentes proporciones o mezclas de los abonos con el suelo y carbón vegetal, se pudo observar una disminución en el contenido de P, K. En todas las diferentes proporciones, se mantuvo bajo el contenido de Ca. La relación C/N para cada una de las proporciones se presenta en los siguientes rangos: proporción 15:85 con EM 12.3, proporción 30:70 con EM 12.4, proporción 15:85 sin EM 11.7 y proporción 30:70 sin EM 12.1; el contenido de materia orgánico fue bajo (Anexo 6).

Se observó, que a medida que aumentan las proporciones del abono orgánico en la mezcla, aumentan las cantidades de P y K en los sustratos evaluados, en tanto el contenido de N es favorable para el crecimiento del cultivo. Sin embargo, para los elementos Ca y Mg habría que considerar aplicar otras enmiendas. En estos sustratos la acción de los microorganismos fue favorecida por el excelente pH que presentan las diferentes mezclas > 7 (Anexo 6).

En los *sustratos elaborados con el abono de residuos de arroz-gallinaza (SAG) con y sin EM*, los elementos menores (Ca y Mg) se mantuvieron en niveles aceptables, presentó buen pH >7.9 moderadamente alcalino; la relación C/N para estos sustratos se encuentra en los siguientes rangos: proporción 15:85 con EM 11.6, proporción 30:70 con EM 11.7, proporción 15:85 sin EM 11.6 y proporción 30:70 sin EM 11.5 respectivamente. En estos sustratos también se presentó el mismo fenómeno del sustrato con residuos de caña, que al bajar las proporciones de abono en las mezclas de sustratos, se mejoró el pH de estos, pero se presentó deficiencias de Ca y Mg (<0,21 Meg/100 ml para ambos casos) en las mezclas (Anexo 6).

Conductividad eléctrica: en general, todos los sustratos presentaron una conductividad elevada. En el *sustrato con abono de residuos de caña, con y sin EM*, el alto contenido de potasio influyó en una salinidad alta (5.0 Mmhos/cm) y este mismo comportamiento se observó en los *sustratos con*

* Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 2002. Niveles críticos para los elementos P y K en función de los suelos predominantes en Panamá (entrevista). Panamá, PA, Laboratorio de suelos.

abono de residuos de arroz-gallinaza, con y sin EM, donde la conductividad eléctrica estuvo muy elevada (> 14.0 Mmhos/cm). Con esta conductividad eléctrica no habría crecimiento en ningún cultivo (MINAG 2002). En todos los sustratos esta alta salinidad se puede atribuir probablemente al K por sus altas concentraciones, ya que los contenidos de Ca y Mg fueron bajos (Anexo 7).

Basado en los análisis químicos antes descritos, se realizaron correctivos, con el fin de proporcionarle a las plántulas mejores condiciones y balances nutricionales. De acuerdo con esto, para el sustrato del experimento No.1 con residuos de caña, se realizaron aplicaciones de cal agrícola y $MgSO_4$ a una dosis de 6qq/ha y 2qq/ha respectivamente. Como se observa en el (Anexo 8) y comparándolos con los resultados del análisis químico inicial (Anexo 6), estos minerales contribuyeron a aumentar el contenido de Ca, especialmente en las proporciones 15:85 con y sin EM y 30:70 sin EM. En la proporción 30:70 con EM no se observó disminución del contenido de K, por lo tanto, el nivel de Ca no varío. Además, se pudo observar una reducción de los niveles excesivos de fosfatos, lo que podría deberse a la formación de complejos de Ca poco solubles, que permiten mejorar la fijación de los fosfatos. En cuanto al pH, se mantuvo en 8.1.

En los *sustratos con la combinación residuos de arroz-gallinaza con y sin EM*, la dilución en arena volumen a volumen (concentración sustrato/arena = 25/75) para cada una de las proporciones de sustratos establecidas, pudo contribuir significativamente a reducir el excesivo contenido de potasio que esta directamente relacionado con la conductividad eléctrica. Por otro lado, el contenido de fosfato aunque menor no cambió mucho al compararlo con los análisis iniciales. Esta disminución no fue tan grande como en el caso del potasio con respecto a los análisis iniciales (Cuadro 12). El pH y los elementos menores (Mn, Fe, Zn y Cu) se mantienen en niveles óptimos y se continúa observando una marcada diferencia favorable de Ca y Mg (Anexo 8).

Cuadro 12. Contenido de fósforo y potasio en sustratos con abono orgánico elaborado con la combinación de residuos de arroz y gallinaza antes y después de las diluciones en arena

| TRATAMIENTOS | Fósforo (Ug/ml) | | Potasio (Ug/ml) | |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | Análisis inicial ¹ | Análisis final ² | Análisis inicial ¹ | Análisis final ² |
| Sustrato gallinaza 15:85 con EM | 275 | 192 | 938 | 472 |
| Sustrato gallinaza 15:85 sin EM | 286 | 198 | 977 | 375 |
| Sustrato gallinaza 30:70 con EM | 605 | 333 | 1,368 | 511 |
| Sustrato gallinaza 30:70 sin EM | 660 | 402 | 1,407 | 664 |

1/ Análisis químico inicial Anexo 6

2/ Análisis químico final Anexo 8

4.2 Efecto de diferentes proporciones de abonos orgánicos y concentraciones de biofertilizantes líquidos sobre las diferentes variables evaluadas

4.2.1 Germinación de plántulas

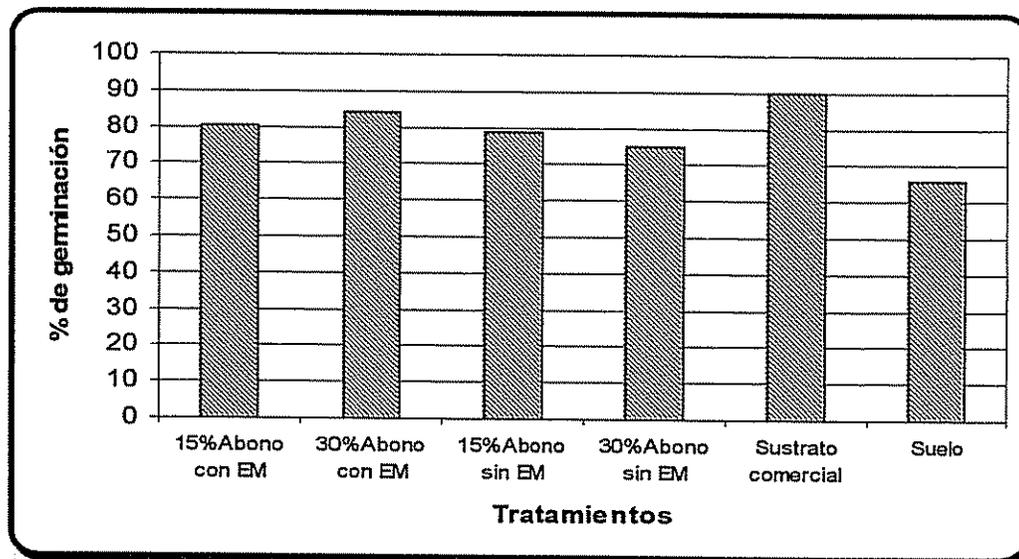


Figura 9. Porcentaje de germinación de las semillas de tomate en los diferentes tratamientos con sustratos con residuos de caña. IDIAP 2002.

En el experimento No.1 *sustrato con abono orgánico y biofertilizante líquido a partir de residuos de caña* (Figura 9), los mejores porcentajes de germinación se obtuvieron en los tratamientos cuyo sustrato fue el comercial (TSCo) seguido de los tratamiento con 30% abono con EM (TSC2) y 15% abono con EM (TSC1), los cuales mostraron germinación superiores al 80.0% ideal para lograr una densidad de plantas adecuada para el cultivo. Los demás tratamientos 15%abono sin EM (TSC3), 30% abono sin EM (TSC4) y el Suelo (TSu) presentaron germinaciones por debajo de 80%, siendo el tratamiento con suelo el que reporto las germinaciones de plántulas más baja (66.0 %).

Durante las primeras etapas de desarrollo hay que controlar todos los factores que incidan en la obtención de una plántula de calidad. Uno de esos factores es el sustrato en el cual se realiza la siembra. Este debe cumplir, además de la función de soporte, con un abastecimiento seguro de agua, oxígeno y nutrientes durante el crecimiento y desarrollo de las plántulas, en sus primeros estados de desarrollo. La germinación esta estrechamente relacionada con la calidad del sustrato que se emplee, ya que si este no ofrece las condiciones óptimas para que la semilla germine, esta no logrará emerger y desarrollarse normalmente (Gómez 2001).

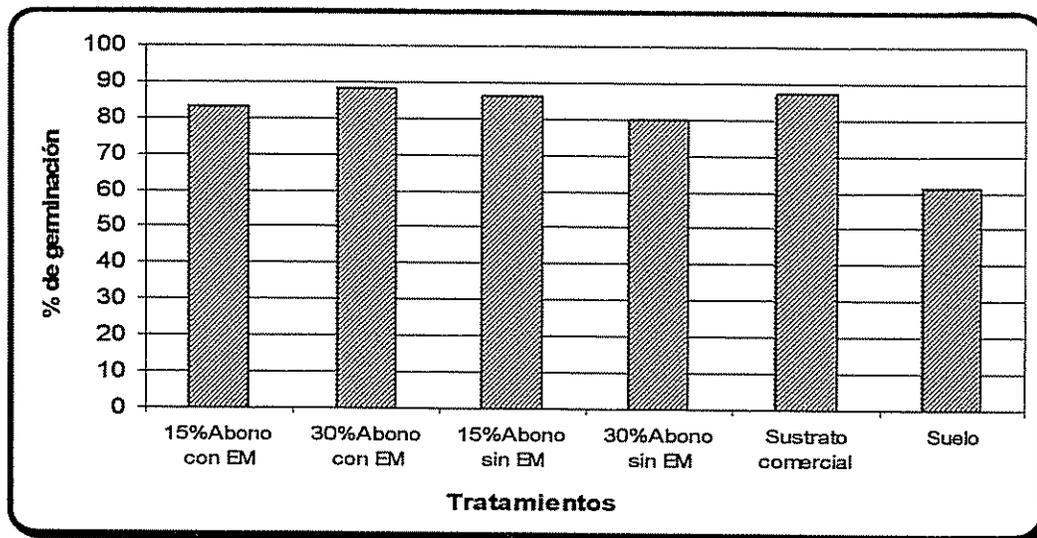


Figura 10. Porcentaje de germinación de las semillas de tomate en los diferentes tratamientos con sustrato a partir de residuos de arroz y gallinaza. IDIAP –Panamá 2002.

En la Figura 10, se puede observar el porcentaje de la germinación en los diferentes tratamientos evaluados en el caso del experimento No 2: *sustrato con abono orgánico y biofertilizante líquido de residuos de arroz y gallinaza*; encontrando que el tratamiento sin abono orgánico (Suelo-TSu) reportó el porcentaje de germinación más bajo (< 61%) en comparación con los demás tratamientos que muestran porcentajes de germinación superiores al 80%. Se observa que los mayores porcentajes de plántulas germinadas para este experimento se lograron en los tratamientos con 30% de abono con EM (88%) y el sustrato comercial (87%) y los demás sustratos elaborados presentaron porcentajes de germinación superiores al 80% en comparación con el tratamiento sin abono orgánico (Suelo) las cuales son consideradas ideales para la variable germinación en este experimento.

La dilución volumen/volumen de los sustratos con arena, contribuyó a reducir los problemas por salinidad (conductividad eléctrica) que se encontraron de acuerdo a los análisis químicos realizados, permitiendo que se lograra una buena germinación y desarrollo de las plántulas durante los periodos de evaluación, debido a sus características físicas que contribuyen a mejorar la aireación radicular y el pH del sustrato y esto coincide con reportes realizados por Jiménez, citado por Gómez (2001)

En esta ocasión, en ambos experimentos, no se observó incidencia de problemas sanitarios como es el complejo de hongos que afecta las plántulas (mal de almácigo).

4.2.2 Altura y diámetro

Como se puede apreciar en el análisis de varianza (ANOVA) (Anexo 9), del experimento No 1 sustratos con abono de residuos de caña con y sin EM, para las variables altura de plántula y diámetro del tallo se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) entre los sustratos evaluados e interacciones sustrato x biofertilizante líquido. Para el biofertilizante líquido en la variable diámetro de tallo se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.0001$). La variable altura presentó diferencias significativas ($P > 0.0227$) en cada uno de los tratamientos.

Estos datos sugieren que las variables estudiadas: altura y diámetro de las plántulas fueron influenciados principalmente por los sustratos y por el efecto de la interacción sustrato x biofertilizante líquido. Sin embargo, el biofertilizante líquido por sí solo, parece no tener un efecto tan marcado sobre la altura, a diferencia del diámetro de las plántulas, donde se logró un mejor efecto del biofertilizante.

El análisis de los resultados mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan para las variables altura y diámetro en el sustrato con abono orgánico de residuos de caña (Figura 11), muestra que las lecturas a los 15 y 20 días después de siembra (dds) son superiores a las lecturas de 10 dds y no se encuentran diferencias significativas entre los valores promedio de las lecturas de 15 y 20 dds. En cuanto al diámetro se puede observar que el diámetro a los 20 dds supera al diámetro de los 10 y 15 días, las diferencias en diámetro son altamente significativas y es de aproximadamente unos 0.10 milímetros entre ellas.

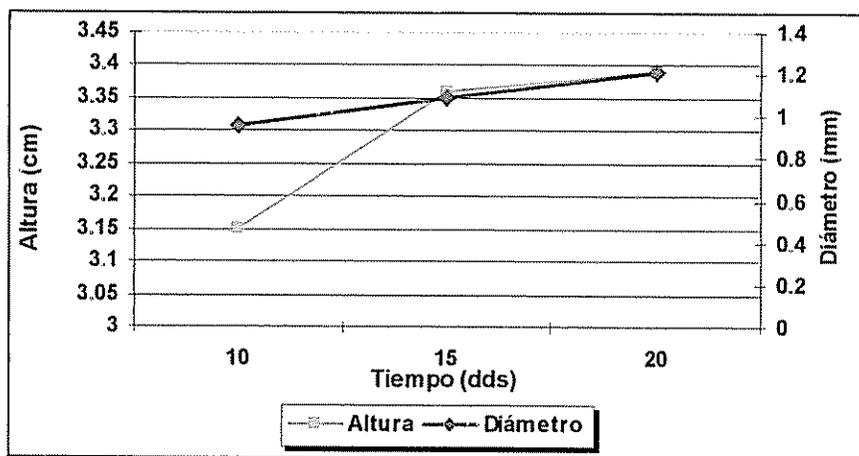


Figura 11 Tendencia de las variables altura de plántula y diámetro de tallo por días de lectura en sustrato de abono orgánico de residuos de caña

Estos datos (Figura 11) indican que la tasa de crecimiento tienden a incrementarse a medida que las plántulas avanzan en su ciclo biológico

El análisis de varianza presentado en el Anexo 10, para las variables altura de plántula y diámetro del tallo para el *sustrato con abono orgánico de residuos de arroz-gallinaza en experimento No.2*, se presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) para las variables altura y diámetro en los factores sustrato, biofertilizante líquido e interacción sustrato x biofertilizante líquido evaluado ($P < 0.0001$, $P < 0.0001$ y $Prob < 0.0001$ respectivamente)

La altura y diámetro de los tallos de plántulas fue influenciado por el sustrato, biofertilizante y su interacción con el sustrato. Los coeficientes de variación para este experimento, presentan valores de 18 hasta 25%, los cuales permiten tener confiabilidad en los resultados e indican que los errores aleatorios en el experimento fueron controlados.

En el *sustrato con abono orgánico de residuos de arroz y gallinaza*, los resultados presentados en la (Figura 12) según la prueba de rangos múltiples de Duncan para las variables altura y diámetro muestran que los mayores incrementos se lograron en las lecturas a los 20 dds (6.15 cm y 1.57 mm respectivamente), con diferencias altamente significativas, con respecto a las lecturas de los 15 y 10 dds, correspondiendo a la lectura de los 10 dds los menores valores alcanzados para las variables altura y diámetro evaluada

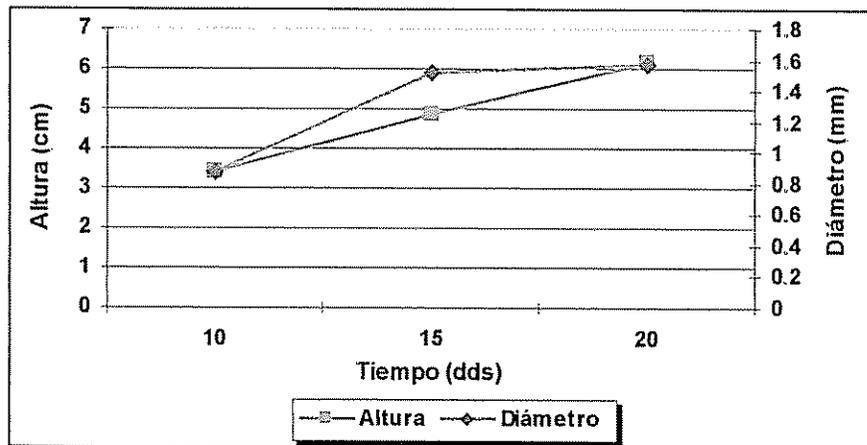


Figura 12. Tendencia de la altura de plántula y diámetro de tallo por días de lectura en sustratos de abono orgánico de la mezcla de residuos de arroz y gallinaza

4.2.3. Contenido de clorofila

El Anexo 9 del experimento No.1 sustratos con abono de residuos de caña con y sin EM presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable contenido de clorofila, la que presentó diferencias significativas ($P > 0.0138$) en cada uno de los tratamientos. Para la variable contenido de clorofila en el follaje se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre los sustrato ($P < 0.0001$) e interacción significativa para el sustrato x biofertilizante líquido con $P > 0.0034$.

Para este experimento el contenido de clorofila de las plántulas fue influenciado principalmente por los sustratos y por el efecto de la interacción sustrato x biofertilizante líquido.

El análisis de varianza presentado en el Anexo 10, para la variable contenido de clorofila para el *sustrato con abono orgánico de residuos de arroz-gallinaza en experimento No.2*, mostró diferencias estadísticas altamente significativas al 1% entre los sustratos evaluados e interacción sustrato x biofertilizante líquido ($P < 0.0001$ y 0.0001) y diferencias estadísticas significativas al 5% en los biofertilizantes líquidos evaluados ($P < 0.2773$).

El contenido de clorofila se ve influenciado por el efecto del sustrato y su interacción con el biofertilizante líquido. Sin embargo, el biofertilizante por si mismo parece no tener efecto tan marcado sobre las plántulas.

El análisis de los resultados mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan para el *sustrato con abono orgánico de residuos de caña* en el contenido de clorofila, muestra que la tendencia de los valores son inversos, el mayor contenido de clorofila se encontró a los 10 días de evaluación, disminuyendo a medida que aumentaban los días, siendo las diferencias altamente significativas entre ellas (Figura 13).

Los resultados en el contenido de clorofila indican la tendencia a iniciarse la producción lenta de hojas verdaderas, por ello disminuyen los valores SPAD del detector de clorofila, lo que refleja una disminución en el contenido de clorofila y de nitrógeno en la medida que aumentan los días de evaluación y se desarrolla el cultivo

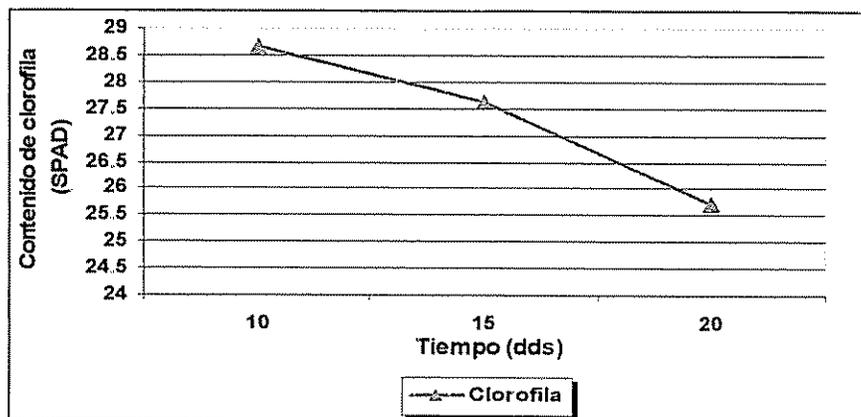


Figura 13 Tendencia del contenido de Clorofila (unidades SPAD) por días de lectura en sustrato de abono orgánico de residuos de caña

Para el *sustrato con abono orgánico de residuos de arroz y gallinaza*, según la prueba de rangos múltiples de Duncan, el contenido de clorofila en las plántulas a medida que transcurren los días de lecturas y se incrementa el crecimiento y la intensidad verde en las hojas disminuye el valor de las unidades SPAD (Figura 14), la diferencia entre el valor máximo y mínimo con respecto a los días de evaluación es de 0.76 unidades cuando las hojas tenían un color verde intenso (20dds), este comportamiento se debe, principalmente, a que en valores altos de unidades SPAD las diferencias de contenido de nitrógeno entre un nivel y otro son mínimas.

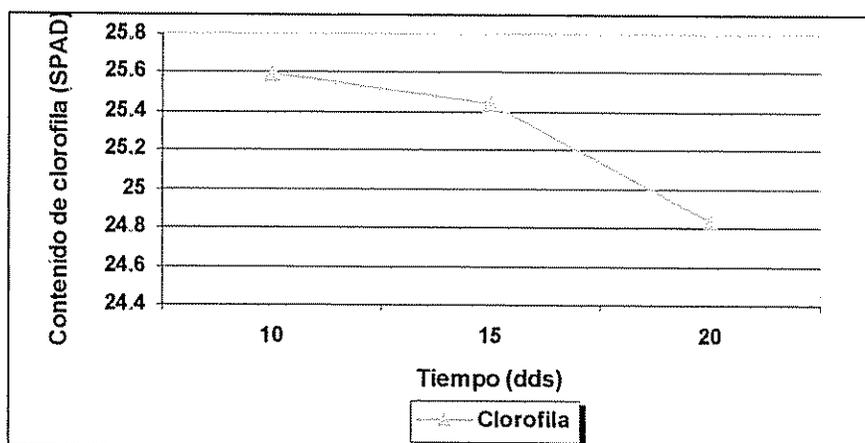


Figura 14 Tendencia del contenido de clorofila (unidades SPAD) por días de lectura en sustratos de abono orgánico a base de residuos de arroz y gallinaza

Los resultados obtenidos en la variable clorofila (Figura 13 y 14) están de acuerdo con los resultados obtenidos por Rodríguez *et al.* (1998) en donde los valores más altos de clorofila y nitrógeno se obtuvieron en las plantas de tomate a los 45 días después del trasplante y los más

bajos en las plantas a los 90 días, indicando que el contenido de clorofila y nitrógeno disminuye en la medida en que se desarrolla el cultivo. En este mismo sentido Wilcox (1994), reporta que conforme transcurren los días del transplante y se desarrolla la planta de tomate, el contenido de nitrógeno en las hojas disminuye para incrementarse en toda la planta adulta y en los frutos. En el presente trabajo las unidades SPAD y de clorofila obtenidas se reducen cuando se llegó a los 20 dds, momento en que se dio por finalizado el experimento y que las plántulas lograron estar aptas para llevarse al campo de siembra.

El Cuadro 13 muestra los promedios de las variables altura, diámetro y contenido de clorofila, donde se puede observar para el *factor sustrato*, el efecto de los tratamientos TSCo (sustrato comercial) y TSu (Suelo) los cuales superaron sustancialmente a los tratamientos con sustratos elaborados TSC2, TSC1, TSC4 y TSC3 respectivamente. Estos datos sugieren que los sustratos con abono orgánico de residuos de caña no proveen las condiciones físicas-químicas requeridas por las plántulas para favorecer su crecimiento y desarrollo en la etapa de semillero.

Cuadro 13. Altura de plántula, diámetro de tallo y contenido de clorofila por lectura en función del *factor sustrato* -experimento con residuos de caña.

| <i>TRATAMIENTO</i> | <i>FACTOR SUSTRATO</i> | <i>PROMEDIO ALTURA(cm)</i> | <i>PROMEDIO DIAMETRO(mm)</i> | <i>PROMEDIO CLOROFILA (SPAD)</i> |
|--------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| TCo | Sustrato comercial | 5.38 a | 1.31 a | 25.67 c |
| TSu | Suelo | 3.60 b | 1.09 b | 27.47 b |
| TSC2 | 30% Abono con EM | 2.75 c | 1.04 c | 27.61 b |
| TSC1 | 15% Abono con EM | 2.72 cd | 1.01 d | 28.20 a |
| TSC4 | 30% Abono sin EM | 2.71 cd | 1.01 d | 27.30 b |
| TSC3 | 15% Abono sin EM | 2.65 d | 1.05 c | 27.71 b |

Medias con letras comunes por columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan para $p < 0.05$

Para el *factor biofertilizante líquido* (Cuadro 14), el tratamiento sin biofertilizante líquido (TFC5) obtuvo el crecimiento promedio en altura, diámetro y contenido de clorofila superior a todos los tratamientos evaluados. Estos datos muestran que los biofertilizantes líquidos tuvieron un efecto marginal o negativo sobre el crecimiento en altura, diámetro y contenido de clorofila de las plántulas para el experimento No. 1

Cuadro 14 Altura de planta, diámetro de tallo y contenido de clorofila por lectura para el *factor biofertilizante líquido*- experimento con residuos de caña

| TRATAMIENTO | FACTOR | PROMEDIO | PROMEDIO | PROMEDIO |
|-------------|-------------------------------|------------|--------------|------------------|
| | BIOFERTILIZANTE | ALTURA(cm) | DIAMETRO(mm) | CLOROFILA (SPAD) |
| TFC5 | Sin biofertilizante | 3.36 a | 1.11 a | 27.55 a |
| | Biofertilizante sin EM | 3.32 ab | 1.08 b | 26.95 b |
| TFC3 | (1:10) | | | |
| TFC2 | Biofertilizante con EM (1:50) | 3.28 b | 1.07 b | 27.24 b |
| | Biofertilizante sin EM | 3.27 b | 1.09 b | 27.36 a |
| TFC4 | (1:50) | | | |
| TFC1 | Biofertilizante con EM (1:10) | 3.27 b | 1.08 b | 27.53 a |
| | | | | |

Medias con letras comunes por columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan para $p < 0.05$

Las interacciones de los sustratos con los biofertilizantes líquidos se muestran en la Figura 15, en donde los tratamientos de suelo tienden a disminuir su altura cuando se tiene el tratamiento foliar en concentración 1:50 con EM (TFC2), sin embargo en el tratamiento sin biofertilizante (TSC5) la tendencia es a incrementar la altura, de hecho este tratamiento es el de mayor altura en todos los niveles de biofertilizante líquido.

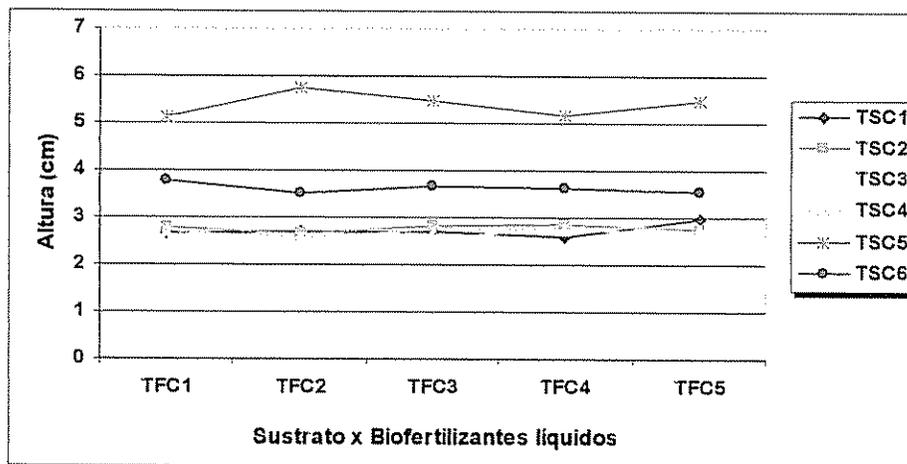


Figura 15 Efecto de la interacción sustrato por biofertilizante líquido en la altura de las plántulas

La Figura 16 muestra la interacción sustrato por biofertilizante líquido en el diámetro de las plántulas de tomate, en donde las respuestas en diámetro de los niveles de suelo son diferentes en los tratamientos foliares concentración 1:50 con EM (TFC2) y concentración 1:10 sin EM (TFC3)

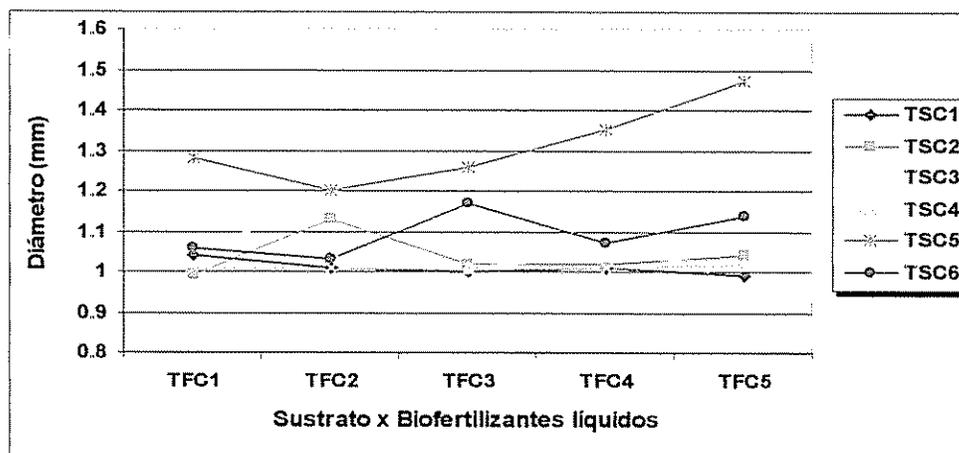


Figura 16. Efecto de la interacción sustrato por biofertilizante líquido en el diámetro de las plántulas de tomate.

Los resultados de la interacción de sustratos con biofertilizante líquido se pueden observar en la (Figura 17) Las respuestas en contenido de clorofila de los tratamientos 30% abono con EM(TSC2) y 15% abono sin EM(TSC3) son contrarias a los otros tratamientos cuando se modifican los tratamientos foliares TFC2 y TFC3.

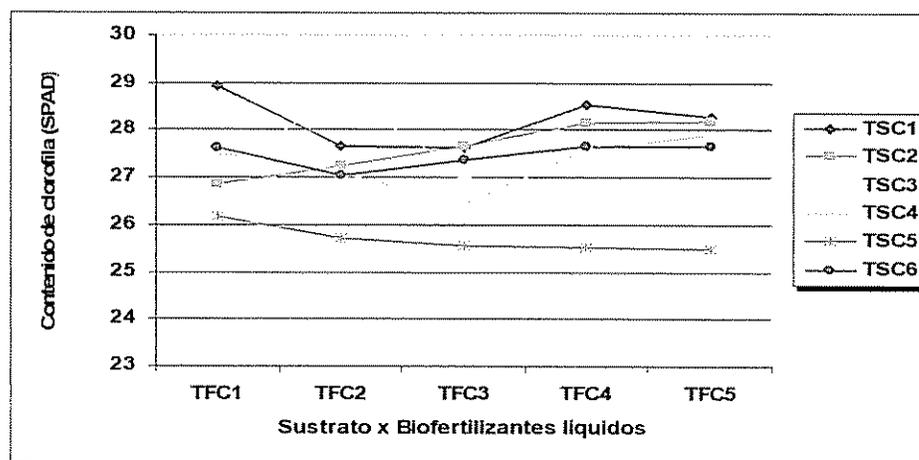


Figura 17. Efecto de la interacción sustrato por biofertilizante líquido en el contenido de clorofila de las plántulas de tomate

➤ Ecuaciones de regresión experimento No.1

En el Cuadro 15, se presenta las ecuaciones de regresion, para cada una de las variables evaluadas, las cuales indican que el modelo de regresión que describe el efecto de los días en la altura de las plántulas no es significativo. Para el diámetro y contenido de clorofila el modelo de regresión que describe el efecto de los es significativo, con una Prob < 0.0001, por lo tanto por cada día que transcurre la planta aumenta 0.0254 milímetros en el diámetro y la clorofila disminuye 0.2960 unidad SPAD por cada día que transcurre.

Cuadro 15. Ecuaciones de regresión para las variables evaluadas por efecto de los sustratos con abono de residuos de caña

| <i>Variable</i> | <i>Modelo (Y = B₀ + B₁(X))</i> | <i>R²</i> | <i>Prob < F</i> |
|------------------|--|----------------------|--------------------|
| Altura | A=2.9935 + 0.0205 (días) | 0.0068 | 0.4389 |
| Diámetro | D=0.7041 + 0.0254 (días) | 0.341 | 0.0001 |
| Clorofila | C=31.767 - 0.2960 (días) | 0.4759 | 0.0001 |

Los (Cuadros 16 y 17) muestran los resultados promedios de las variables altura, diámetro y contenido de clorofila estudiadas en el *experimento No.2 sustrato con residuos de arroz y gallinaza* para los factores sustrato y biofertilizante líquido. Se observan diferencias estadísticas entre los tratamientos analizados en cada factor estudiado. Sin embargo para el factor sustrato (Cuadro 16) el tratamiento con sustrato comercial (TSCo) logró la mejor respuesta a las variables evaluadas y dentro de los sustratos elaborados los sustratos con 30% de abono con y sin EM (TSAG4 y TSAG2) presentaron mejores promedios de altura, diámetro y contenido de clorofila comparado con el testigo absoluto (Suelo).

Esto sugiere que el abono orgánico con 30% de abono favorece el desarrollo de las plántula en altura, diámetro de tallo y contenido de clorofila, comparada con el testigo (Suelo) sin importar la presencia de los microorganismos eficaces (EM).

Cuadro 16. Altura de planta, diámetro de tallo y contenido de clorofila para el *factor sustrato*-experimento No.2.

| <i>TRATAMIENTO</i> | <i>FACTOR SUSTRATO</i> | <i>PROMEDIO ALTURA (cm)</i> | <i>PROMEDIO DIÁMETRO (mm)</i> | <i>PROMEDIO CLOROFILA (SPAD)</i> |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| TSCo | Substrato comercial | 7.27 a | 1.63 a | 25.58 b |
| TSAG4 | 30% Abono sin EM (30:70) | 5.12 b | 1.36 b | 24.55 d |
| TSAG2 | 30% Abono con EM (30:70) | 4.96 b | 1.37 b | 24.86 c |
| TSAG1 | 15% Abono con EM (15:85) | 4.25 c | 1.29 c | 24.73 cd |
| TSAG3 | 15% Abono sin EM (15:85) | 4.11 c | 1.23 d | 25.54 b |
| TSu | Suelo | 3.10 d | 1.03 e | 26.47 a |

Medias con letras comunes por columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan para $p < 0.05$

Las diferencias encontradas entre los restantes tratamientos (TSAG1 y TSAG3) donde fue empleado el abono orgánico en las diferentes proporciones, pudieron deberse a la cantidad de abono aplicado, el cual tanto en déficit como en exceso puede disminuir el vigor y desarrollo de las plántulas en esta fase del cultivo. Con respecto a la altura de las plántulas, a pesar de que los tratamientos TSAG4 y TSAG2 difirieron del tratamiento TSAG5 (sustrato comercial), los mismos presentan valores inferiores al óptimo establecido como calidad de almácigos. En la literatura varios autores plantean que estas deben reunir las siguientes condiciones: tallo con una altura de 10 a 12 centímetros y con un color verde-morado, con bastante pilosidad, el sistema radicular muestra raíces incipientes de color blancuzco, recién brotadas, con 4 a 5 hojas bien definidas y con buena sanidad, tanto en el follaje como en las raíces (Serrano 1982; MIDA 2000).

Los promedios de altura y diámetro alcanzados con los tratamientos foliares (Cuadro 17) muestran que el tratamiento sin biofertilizante (TFAG5) fue el que alcanzó la mayor altura, sin embargo, en el tratamiento con biofertilizante en concentración 1:10 con EM (TFAG1) presenta un diámetro mayor, estas respuestas nos permiten señalar, que no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos foliares y que el tratamiento TFAG1 puede ser considerado como el mejor biofertilizante líquido en este experimento.

Cuadro 17 Altura de plántula, diámetro de tallo y contenido de clorofila para el *factor biofertilizante líquido-experimento No. 2*

| TRATAMIENTO | FACTOR | PROMEDIO | PROMEDIO | PROMEDIO |
|-------------|------------------------|----------|----------|-----------|
| | BIOFERTILIZANTE | ALTURA | DIAMETRO | CLOROFILA |
| TFAG5 | Sin biofertilizante | 5.00 a | 1.31 b | 25.42 a |
| | Biofertilizante con EM | 4.92 ab | 1.35 a | 25.33 a |
| TFAG1 | (1:10) | | | |
| TFAG4 | Biofertilizante sin EM | 4.80 bc | 1.34 a | 25.13 a |
| | (1:50) | | | |
| TFAG2 | Biofertilizante con EM | 4.69 cd | 1.26 c | 25.31 a |
| | (1:50) | | | |
| TFAG3 | Biofertilizante sin EM | 4.60 d | 1.34 a | 25.26 a |
| | (1:10) | | | |

Medias con letras comunes por columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan para $p < 0.05$

Los resultados de la interacción de sustratos con biofertilizante líquido se pueden observar en la (Figura 18). Esta interacción es significativa entre el sustrato y el biofertilizante líquido, donde los tratamientos TSAG1, TSAG2, TSAG3, TSAG4, TSCo, y TSu tienden a aumentar las alturas cuando se tienen los tratamientos foliares TFAG1, TFAG2, y TFAG3, lo contrario ocurre, con el tratamiento TSAG5 en el cual las alturas de las plantas se detiene en los tres tratamientos foliares anteriormente indicados. Es importante anotar, que el TSCo obtiene valores de altura superiores a los demás tratamientos de suelo, en todas las combinaciones del tratamiento foliar. Los resultados indican por otro lado, que las menores alturas se obtuvieron con el tratamiento TSAG6, igualmente para todas las combinaciones con los tratamientos foliares.

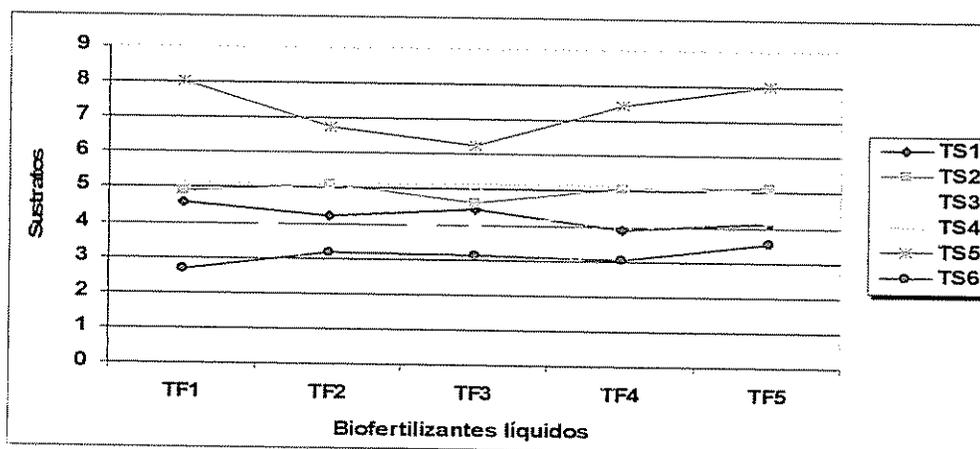


Figura 18. Efecto de la interacción sustrato por biofertilizante líquido en la altura de las plántulas-experimento No 2

La (Figura 19) evidencia que los mayores valores de diámetro se consiguen con el tratamiento TSCo en cualquier combinación con los tratamientos foliares, este mismo tratamiento tiende a obtener menores diámetros con los tratamientos TFAG2 y TFAG3. Los resultados también indican que los tratamientos de suelo TSAG3 y TSAG4 aumentan el diámetro de la planta cuando se combinan con el tratamiento TFAG3, lo contrario del tratamiento TFAG5. Los menores diámetros se lograron con el tratamiento TSu con todas las combinaciones de los tratamientos foliares

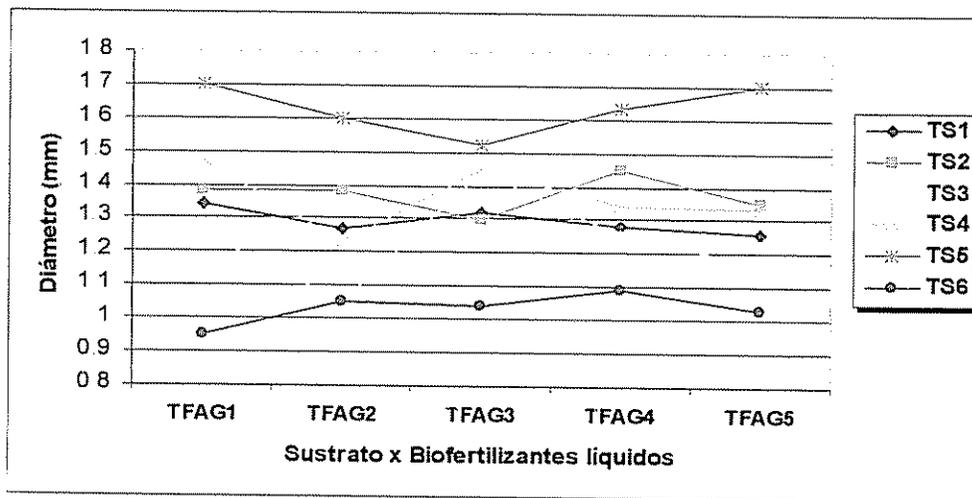


Figura 19. Efecto de la interacción sustrato por biofertilizante líquido en el diámetro de las plántulas-experimento No 2

Para observar la interacción significativa entre los sustratos y biofertilizantes líquidos en los valores obtenidos para el contenido de clorofila, se observan en la (Figura 20).

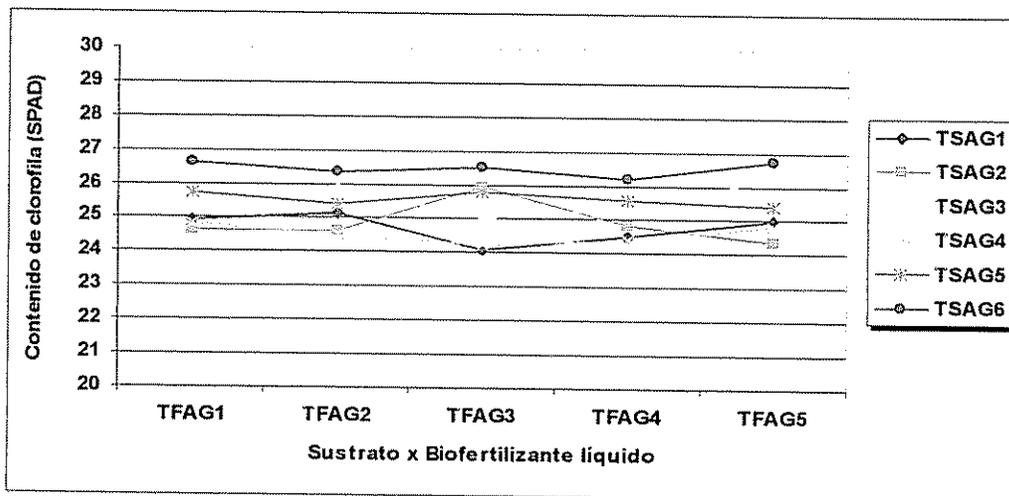


Figura 20 Efecto de la interacción sustrato por biofertilizante líquido en el contenido de clorofila de las plántulas-experimento No 2

La Figura 20 indica las respuestas contrarias de los tratamientos de suelo cuando se interacciona con el tratamiento foliar TS3, aquí podemos indicar que el tratamiento TSu obtiene sus mayores valores de clorofila cuando se interacciona con el tratamiento foliar TFAG3, caso contrario se aprecia en los tratamientos TSAG1, TSAG3 y TSAG4, donde los valores de clorofila disminuyen cuando se interacciona con el TFAG3. Los menores valores de contenido de clorofila se obtuvieron con los tratamientos TSAG4 y TSAG1.

➤ **Ecuaciones de regresión experimento No. 2:**

Las ecuaciones de regresión para las variables evaluadas se presentan en el Cuadro 18, las cuales nos señalan que el modelo de regresión que describe el efecto de los días en la altura y diámetro de las plantas es significativo, con una Prob < 0.0001, por lo tanto para cada día que transcurre la planta aumenta 0.2762 centímetros de altura y 0.0692 milímetros de diámetro. En el caso de la clorofila el modelo no se considera significativo ya que Prob > 0.0001, por lo que no es posible hacer inferencias del modelo de regresión, aunque exista una tendencia a disminuir las mediciones de clorofila cuando se aumentan los días de lecturas

Cuadro 18. Ecuaciones de regresión para las variables evaluadas por efecto de los sustratos con abono de residuos de caña

| <i>Variable</i> | <i>Modelo (Y = B₀ + B₁(X))</i> | <i>R²</i> | <i>Prob < F</i> |
|-----------------|--|----------------------|--------------------|
| Altura | A=0.6585 + 0.2762 (días) | 0.3356 | 0.0001 |
| Diámetro | D=0.2814 + 0.0692 (días) | 0.5343 | 0.0001 |
| Clorofila | C=26.499 - 0.0752 (días) | 0.0599 | 0.0200 |

4.2.4 Producción de biomasa

El Anexo 11, presenta los resultados de la variable de crecimiento y desarrollo analizada en semillero, correspondiente al peso fresco y seco de las plántulas en la *biomasa foliar* para el *sustrato con abono orgánico con residuos de caña- experimento No. 1*. Se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos tanto para el peso fresco, como la biomasa seca para el sustrato (Pr < 0.0001), no se encontraron diferencias significativas en el biofertilizante líquido e interacción sustrato x biofertilizante líquido en cada uno de los parámetros evaluados. Como se aprecia, estos datos indican que el peso fresco y peso seco del follaje están influenciados principalmente por el sustrato y no por el efecto del biofertilizante líquido y su interacción con el

sustrato. El análisis de varianza para la materia fresca y seca acumulada en *las raíces* (Anexo 11), presenta diferencias altamente significativa para el sustrato ($Pr < 0.0001$). En el biofertilizante líquido y su interacción sustrato x biofertilizante líquido no se encontró diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados. Cabe señalar, que la biomasa (peso fresco y peso seco) de las raíces corrobora lo encontrado en el follaje, indicando que el sustrato en este caso, es el que determina su incremento o disminución.

En el Anexo 15, se registran los valores promedios de peso fresco y seco de biomasa foliar y de raíz ordenados mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan para el experimento No.1, se observaron diferencias significativas ($Pr \leq 0.05$) entre tratamientos tanto para biomasa foliar como para biomasa de raíz. El peso fresco y seco en el área foliar y de raíz fue mayor en los tratamientos TC21, TC22, TC23, TC24 y TC25, cuyo sustrato fue el comercial Bulrush y difiere del resto de los demás tratamientos que presentaron valores menores de biomasa .

Los mismos tratamientos que presentaron mayor peso fresco y seco de la biomasa foliar y de raíz, igualmente presentaron mayores alturas, diámetros y contenidos de clorofila en este experimento donde los tratamientos contenían como sustratos abono orgánico de residuos de caña en diferentes proporciones. Cabe señalar, que a pesar de los resultados obtenidos, no se observó un buen crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate en los tratamientos cuyo sustratos fueron elaborados con la fuente de bagazo y cachaza de caña con y sin EM, a diferencia de las respuestas de las plántulas alcanzadas en los tratamientos con sustrato comercial y el suelo sólo (Figura 21); esto se atribuye en parte al posible efecto de desbalance nutricional que ocasionó el alto contenido de P y K en los sustratos que inhibe la traslocación de otros elementos (Ca, Mg) principalmente, trayendo como consecuencias plantas pequeñas, débiles y presencia de coloraciones lilas.

Es importante destacar, que la presencia de fósforo y potasio son importantes para lograr niveles de desarrollo satisfactorio, sin embargo, en el caso del P, exceso en los niveles puede contribuir a deficiencias de micronutrientes y el crecimiento de la raíz con frecuencia se incrementa en relación con el crecimiento de la parte aérea. Esto en contraste con los efectos del exceso de nitrógeno, provoca bajas proporciones en la relación parte aérea-raíz (Salisbury y Ross 1992). Tasas muy altas de K pueden inducir a una deficiencia de Ca y Mg o daño por altas cantidades de sales. La deficiencia de Ca disminuye la división celular afectando el aumento de tamaño y cantidad de tejidos, así como una reducción en la producción (Pillimue *et al.* 1998).

Este resultado refleja la baja calidad de las plántulas para su posterior trasplante, lo cual puede conllevar a efectos deletéreos en los rendimientos agrícolas

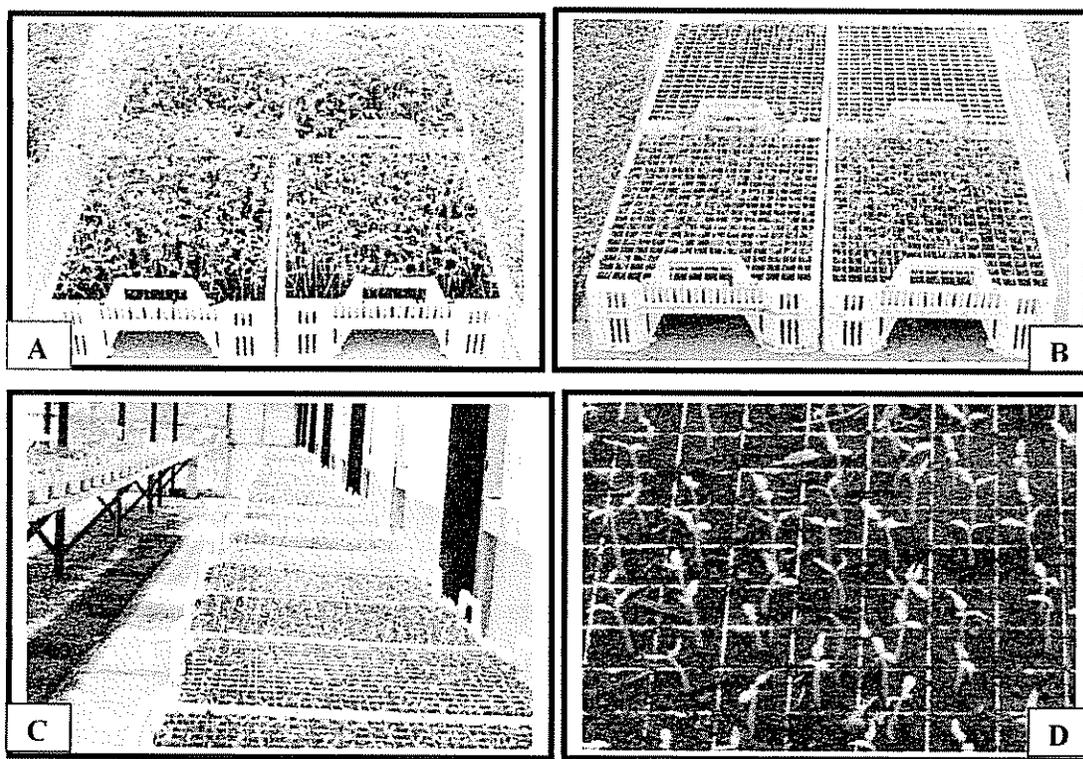


Figura 21. a) Crecimiento de plántulas en sustrato comercial Bullrush. b) crecimiento en tratamientos con suelo. c) Respuesta de plántulas en sustratos con residuos de caña. d) Ampliación de la figura, donde observamos el tamaño y color de plántulas

En el *experimento No 2 sustrato con abono orgánico a base de residuos de arroz y gallinaza*, el análisis de varianza para la variable *biomasa foliar* (Anexo 12), evidencia diferencias altamente significativa ($Pr < F 0.0001$) en los sustratos para los parámetros peso fresco y seco, diferencias no significativas para el biofertilizante líquido y la interacción sustrato x biofertilizante líquido en los mismos parámetros evaluados.

El coeficiente de variación encontrado para las variables peso fresco y peso seco del área foliar presentan valores de 12 a 14% que son aceptables

Estos resultados indican que el peso fresco y peso seco del follaje está influenciado principalmente por el sustrato estudiado y no por el biofertilizante líquido o su interacción con el sustrato.

El análisis de los resultados del (Anexo 12) para la variable *biomasa de raíz* del experimento No 2 denota que se obtuvieron diferencias altamente significativas ($Pr < F 0.0001$) en los parámetros peso fresco, seco y biomasa total por efecto del sustrato. En relación al biofertilizante líquido e interacción sustrato x biofertilizante líquido, estos no mostraron diferencias significativas en los

parámetros peso fresco ($Pr > 0.4782; 0.7344$) y peso seco ($Pr > 0.6350; 0.8805$) respectivamente. Los coeficientes de variación presentan valores aceptables de 12 a 13%, los cuales permiten tener confiabilidad en los resultados, e indican que los errores aleatorios en el experimento fueron bien controlados.

En el (Anexo 15) se puede apreciar los valores promedios de biomasa foliar y de raíz (peso fresco y seco) de los tratamientos para el *experimento No. 2 sustratos con abono orgánico a base de residuos de arroz y gallinaza*, los mismos presentan diferencias significativas. Los tratamientos TAG21, TAG22, TAG23, TAG24 y TAG25 con sustrato comercial Bulrush presentaron los mayores valores promedios de biomasa (peso fresco y seco de área foliar y de raíz) (Figura 23) y difieren de los tratamientos con suelo (sin abono orgánico) TAG26, TAG27, TAG28, TAG28 y TAG30 (Figura 24) que presentaron el menor peso promedio de biomasa, el resto de los tratamientos se encuentran en rangos intermedios con fuertes tendencias a lograr pesos frescos y secos de biomasa cercanos a los obtenidos con el sustrato comercial Bulrush (Figura 22).

Comparación de fuentes de sustratos con abono orgánico

Cabe señalar, que en este experimento No.2 los resultados obtenidos fueron superiores a los encontrados en el experimento No.1, cuyos sustratos fueron elaborados a partir de abono orgánico de residuos de caña. Los valores promedios para las variables altura, diámetro, contenido de clorofila y biomasa de plántulas permiten señalar que estos valores se encuentran por debajo de los rangos óptimos que se requieren para que las plántulas puedan ser llevadas al trasplante definitivo.

Sin embargo, a pesar de estos valores promedios obtenidos en las diferentes variables evaluadas, para algunos productores orgánicos, el tamaño de las plántulas alcanzado con los mejores tratamientos con abonos orgánicos y biofertilizantes evaluados, es ideal para su posterior trasplante, ya que se adaptan más rápido, se incrementa el porcentaje de sobrevivencia y se disminuye el período de stress que se presenta en aquellas plántulas con un mayor tamaño.

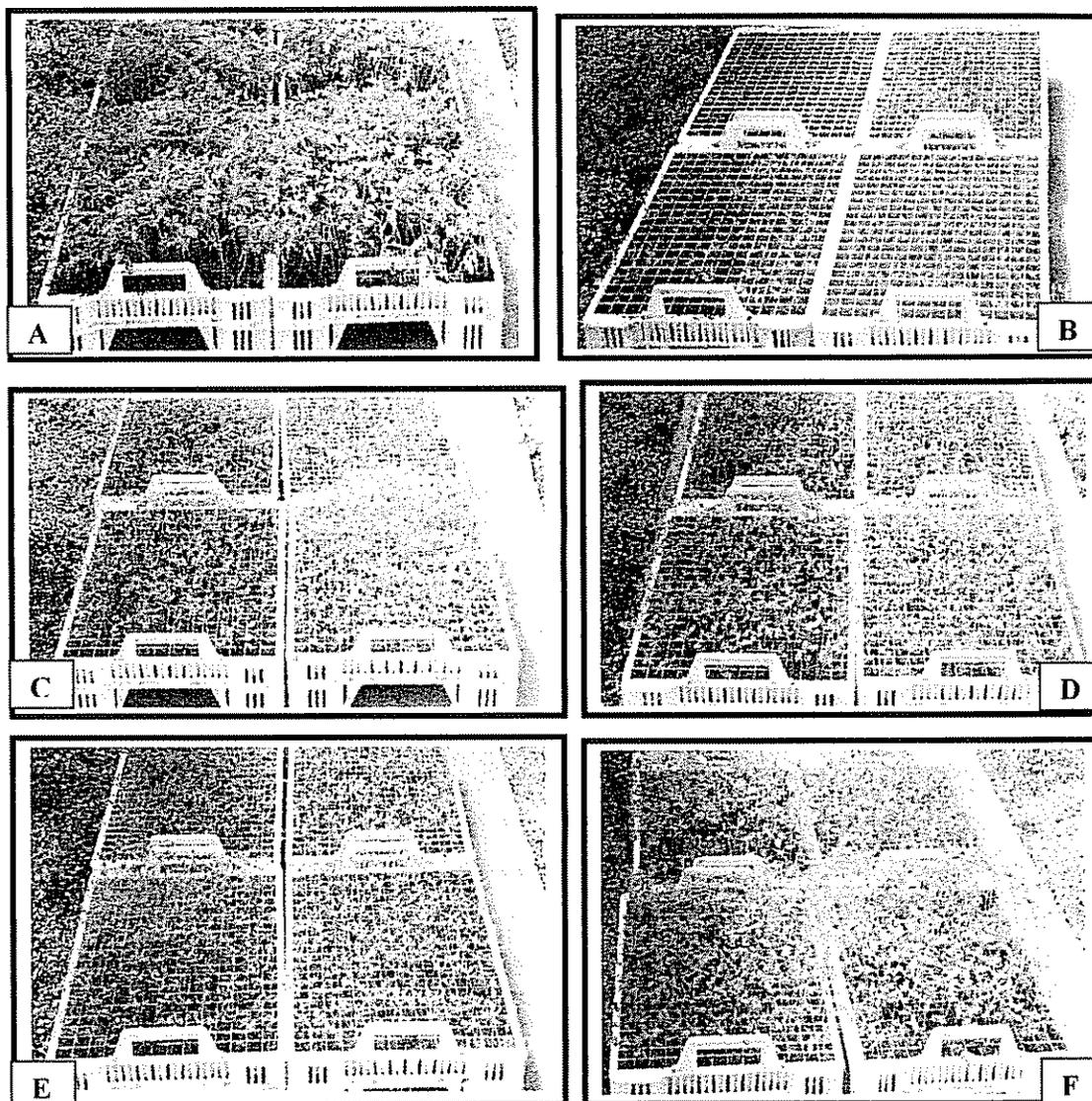


Figura 22. Respuesta de plántulas de tomate en tratamientos evaluados: a) Tratamientos con sustrato comercial -experimento No.2 b) Tratamientos con suelo -experimento No.2 c) Proporción 15:85 con EM, d) Proporción 30:70 con EM. e) proporción 15:85 sin EM y f) Proporción 30:70 sin EM

Estimación de la prueba de pilón

Los tratamientos evaluados con residuos de arroz y gallinaza presentaron una estructura definida en lo que concierne al pilón o soporte de raíces

En este contexto, tenemos que para los sustratos elaborados con un 30% de abono orgánico con EM y sin EM, se presentó un 78 y 76.7 % respectivamente, de plántulas con un pilón bien formado (Figura 23)

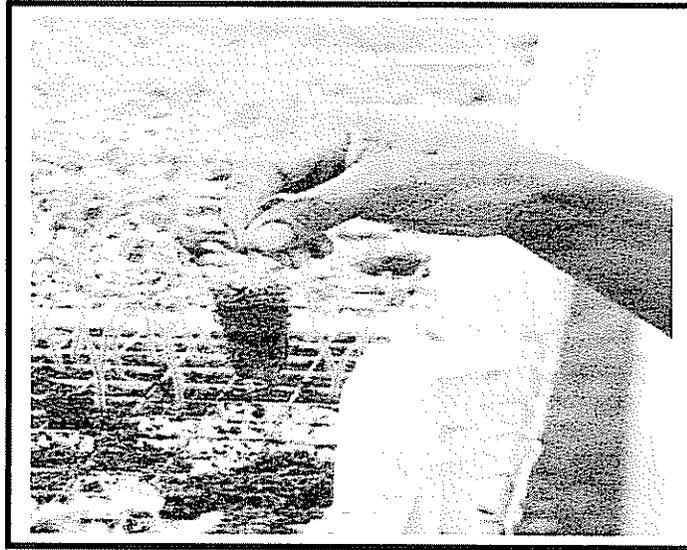


Figura 23. Se observa la formación del pilón o soporte de raíz

4.2.5. Incidencia de enfermedad por complejo de hongos (mal de talluelo) en plántulas de tomate

El efecto de la variable incidencia de enfermedades por complejo de hongos no fue evaluado, debido a que no se observó síntomas de daño inicial en las plántulas para ninguno de los experimentos. Este comportamiento se debió, posiblemente, al efecto supresivo que ejercen los abonos orgánicos y a los beneficios que podemos encontrar al producir plántulas bajo sistemas protegidos.

Hoitink *et al.* (1997) señaló que los patógenos foliares y vasculares como los que atacan las raíces, pueden ser afectados por los compost y que la supresión de patógenos y/o enfermedades es inducida durante el proceso de curación que es cuando baja la concentración de los componentes de fácil degradación biológica que se encuentran en los desechos, dando como resultado, la disminución en las tasas de descomposición, la generación de calor y temperatura, permitiendo que la mayoría de agentes de control biológico en este caso mesofílicos se desarrollan a temperaturas inferiores a 40°C y recolonizan el compost, después de llegar al punto máximo de calor.

Igualmente, Ramírez (1996) plantea que el poder supresivo de los abonos orgánicos es el punto de partida para el control de las enfermedades, a través del control biológico de los patógenos, cuya vía de infección es la raíz, lo que se logra por medio de un abono de alta calidad que no solo aporte nutrientes a las plantas; sino que además, permita la colonización de microorganismos supresivos y mantenga la actividad necesaria que posibilita el control de las enfermedades.

En otro sentido, Bernat *et al.* (1990), señala que existen grandes ventajas al producir cultivos bajo sistemas protegidos dentro de los cuales podemos mencionar: manejo de la luz (intensidad y longitud), control de temperatura y humedad, manejo nutricional de la planta de tomate durante todo sus estados de crecimiento, mayor aprovechamiento en el potencial de las variedades y control de enfermedades y plagas insectiles.

4.3 Experimento No. 3: efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre el sustrato utilizado para el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate.

4.3.1 Germinación

La determinación de la germinación es importante cuando se quiere destinar un material orgánico a uso agrícola, ya que es una medida de su potencial. En la Figura 23 se observa como el tratamiento TSAG2+TFAG2 obtuvo el mayor número de plantas germinadas (223), seguido de los tratamientos TSAG2+TFC1 (193), TSC1+TFAG2 (166), TSC1+TFC1 (147) y el Tratamiento Testigo -suelo estéril (122) plantas germinadas respectivamente. Cabe señalar, que sólo el tratamiento TSAG2+TFAG2 logró un porcentaje de germinación aceptable siendo el mismo de un 80%.

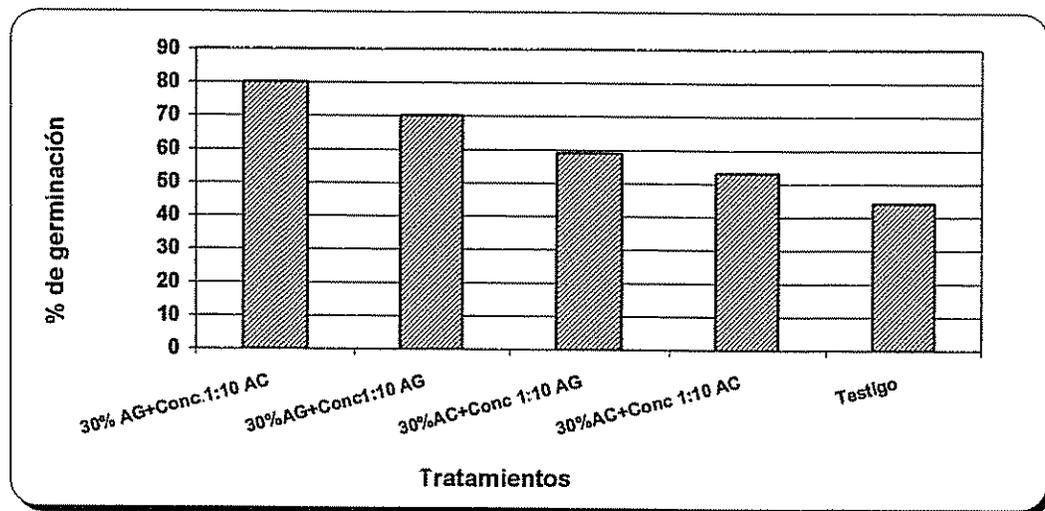


Figura 24. Comportamiento de la germinación de las semillas de tomate en los diferentes tratamientos evaluados. IDIAP, Río Hato, Panamá. 2002.

Desde el punto de vista biológico, las respuestas de germinación en los diferentes tratamientos no presentan un buen efecto estimulador de crecimiento para la germinación, ya que se lograron

porcentajes inferiores al 80 %, a excepción del tratamiento TSAG2+TFAG2, quien presentó un porcentaje aceptable, mostrando el mismo comportamiento en las pruebas estadísticas (Cuadro 19), en donde se observan diferencias significativas según la comparación de medias con la prueba de rangos múltiples de Duncan, en los porcentajes de germinación del tratamiento TS2+TF2 en relación con el resto de los tratamientos evaluados.

Sin embargo, se observa que es en los tratamientos TSAG2+TFAG2 y TSAG2+TFC1 con sustrato estéril de residuos de arroz y gallinaza con EM y los biofertilizantes de abono de residuos de caña y de residuos de arroz y gallinaza con EM, donde se logran los mejores porcentajes de germinación. El fenómeno ocurrido en los tratamientos TSC1+TFC1 y TSC1+TFC1, posiblemente se debió a que estos tratamientos no proporcionaron las condiciones para que estas emergieran, vigorosamente, en los sustratos.

Cuadro 19. Comparaciones de medias para la variable germinación

| <i>No. Tratamiento</i> | <i>Descripción</i> | <i>Germinación</i> | <i>Porcentaje</i> | <i>Duncan</i> |
|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------|
| T4 | TSAG2+TFAG2 | 223 | 9.52 | A |
| T3 | TSAG2+TFC1 | 193 | 68.81 | AB |
| T2 | TSC1+TFAG2 | 166 | 59.28 | ABC |
| T1 | TSC1+TFC1 | 147 | 52.50 | BC |
| T5 | TESTIGO | 122 | 43.68 | C |

Medias con letras comunes por columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan para $p < 0.05$

4.3.2 Altura, diámetro y contenido de clorofila

El análisis de los datos muestra que el modelo es significativo ($P < 0.0001$) y se ajusta en un 95 %. El (Anexo 13) presenta los resultados del análisis de varianza, donde se observa que existen diferencias estadísticas significativas para la variable altura, diámetro y contenido de clorofila de plántulas con respecto al efecto del sustrato, para el biofertilizante líquido se presenta un efecto significativo en la variable altura, y contenido de clorofila, no mostrando significancia en la variable diámetro del tallo. Igualmente, la interacción sustrato x biofertilizante líquido indicó que su respuesta difiere, significativamente, con los tratamientos aplicados en la variable contenido de clorofila y no mostró significancia en las variables altura y diámetro.

Los coeficientes de variación se mantuvieron en valores de 3 a 10%, los que son aceptables e indican un buen manejo de los errores aleatorios del experimento.

En la Figura 24 se puede observar que las mejores respuestas de altura y diámetro se lograron a los 20 dds con respecto a las lecturas de los 15 y 10 dds

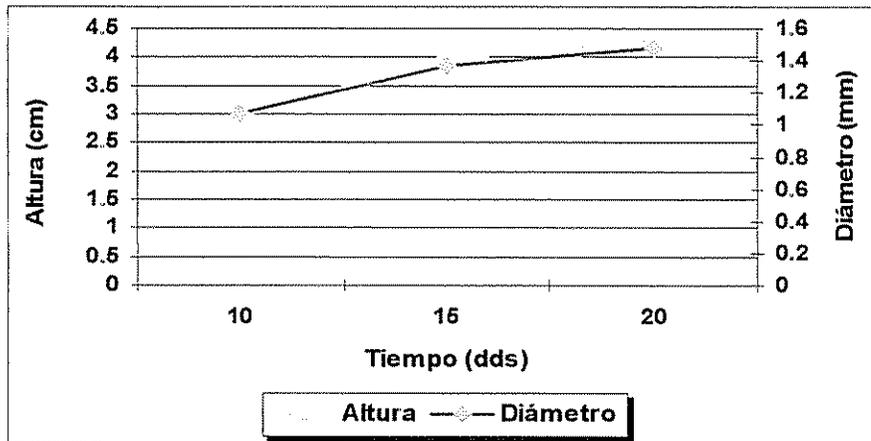


Figura 25. Tendencia de las variables altura y diámetro en etapa de semillero en función de los días de evaluación (dds)

En el contenido de clorofila (Figura 25) se observa una disminución de las unidades SPAD, lo que refleja un aumento de absorción de luz roja, azul-violeta, que refleja un mayor contenido de clorofila relacionado con el contenido de nitrógeno en la planta (Lira 1994)

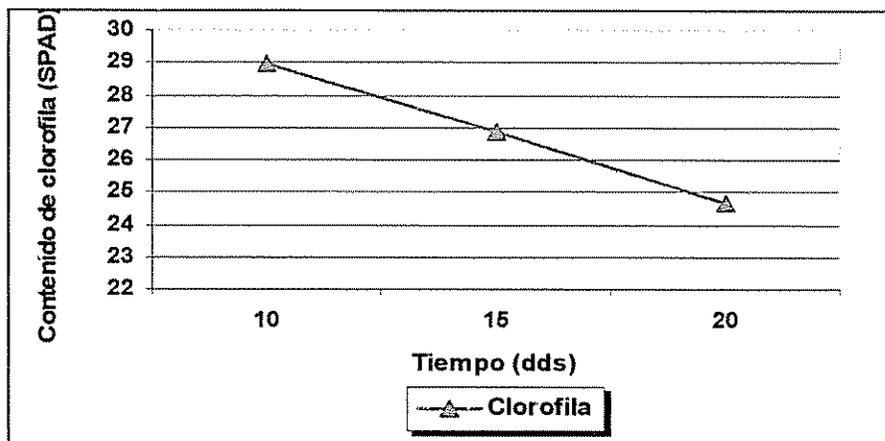


Figura 26 Tendencia de la variable contenido de clorofila en etapa de semillero en función de los días de evaluación (dds)

El Cuadro 20, muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los mejores resultados se lograron con el tratamiento T4 (TSAG2+TFAG2), el cual alcanzó valores

promedios de altura y diámetro superiores a los que reportó el tratamiento T5 (testigo absoluto-suelo). Los contenidos de clorofila fueron menores en el tratamiento T4 (TSAG2+TFAG2), seguido de los tratamientos T2, T3 y T1, alcanzándose el mayor contenido (unidades SPAD) en el tratamiento testigo.

Cuadro 20. Comportamiento de las variables altura, diámetro y contenido de clorofila en etapa de semillero en función de los tratamientos evaluados.

| <i>No. Tratamientos</i> | <i>Descripción</i> | <i>Promedio Altura (cm)</i> | <i>Promedio diámetro (mm)</i> | <i>Promedio clorofila (SPAD)</i> |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| T1 | TSC1+TFC1 | 2.88 C | 1.11 C | 26.71 B |
| T2 | TSC1+TFAG2 | 3.30 C | 1.23 B | 27.12 AB |
| T3 | TSAG2 +TFC1 | 4.55 B | 1.53 A | 27.22 AB |
| T4 | TSAG2+TFAG2 | 4.99 A | 1.53 A | 25.36 C |
| T5 | Testigo absoluto | 3.00 C | 1.13 C | 27.71 A |

Medias con letras comunes por columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan para $p < 0.05$

4.3.3 Biomasa

El (Anexo 14), presenta los resultados del análisis de varianza para la variable biomasa de área foliar y de raíz (peso seco y fresco). Para la biomasa foliar- peso fresco y peso seco, se encontraron diferencias significativas con respecto al efecto que ejerció el sustrato sobre las plántulas. En este mismo sentido, no se encontraron diferencias estadísticas en el efecto del biofertilizante e interacción sustrato por biofertilizante líquido sobre el peso fresco y seco del área foliar y de raíz de las plántulas de tomate evaluadas.

En el caso de la biomasa de raíz, los resultados muestran para el peso fresco y seco diferencias significativas para el efecto del sustrato, diferencias no significativas para el biofertilizante líquido y en la interacción sustrato por biofertilizante la respuesta fue significativa en el peso seco.

El análisis de las diferentes variables evaluadas nos permiten señalar que no se observa un efecto marcado de los tratamientos evaluados con respecto a las plántulas, ya que estas presentaron valores de altura y diámetro inferiores a los índices de calidad de plantas establecidos en Panamá para la producción de plántulas (10-12 cm altura, 4-5 hojas verdaderas) González (2002)*.

* González, J. 2002. Producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo sistemas protegidos (entrevista). Panamá; PA, IDIAP (Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá).

Sin embargo, lo que sí es notorio es que las mejores respuestas se lograron en los tratamientos T4 y T3, los cuáles contenían sustratos con abono orgánico elaborados con residuos de arroz y gallinaza (excreta animal).

Se atribuye esta respuesta, a la diversidad de materiales presentes en la composición de este sustrato, que representa una fuente de alimento para organismos benéficos y es un factor que contribuye a mantener e incrementar las poblaciones de microorganismos en las mezclas permitiendo una mayor liberación de nutrimentos que pueden estar disponibles para las plantas y favorecer el buen crecimiento y desarrollo de las mismas (Shintani y Tabora 1993). En este contexto, Gómez (2001) señala que utilizar en la elaboración de abonos tipo bokashi como mínimo tres diferentes tipos de materiales orgánicos contribuye a mantener una biodiversidad de organismos y se puede encontrar una buena relación carbono/nitrógeno.

De la misma manera, estudios realizados por Morales *et al.* (2000), con el fin de hacer una caracterización microbiológica de los contenidos de compost elaborados a partir de desechos agrícolas con diferentes deyecciones de animales, muestra que los compost donde se añadió gallinaza seguido del que tuvo estiércol vacuno fueron los que tuvieron las mayores poblaciones de microorganismos, ya que la población microbiana se ve favorecida, en general, con la adición de excreta animal, aspectos importantes para la determinación de la fertilidad de los suelo.

4.4 Análisis económicos de los abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos evaluados en experimento No. 1 y No.2

Los costos de los diferentes abonos y sustratos orgánicos elaborados en la investigación, se estimaron en función de los precios existentes de mercado para cada uno de los materiales e insumos utilizados en su preparación.

El flujo de costos incluye todos los gastos que demandan la producción de plántulas de tomate bajo sistema protegido, desde la preparación de los abonos, sustratos y manejo de los experimentos, los cuales incluyen insumos (materia prima), herramientas y equipos. Otro costo registrado es la mano de obra empleada en las labores de preparación de los abonos y sustratos. Así como la utilizada durante la fase de producción de las plántulas (llenado de bandejas, siembra, riego y manejo agronómico) (Anexo 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23).

El Anexo 24, presenta los costos comparativos considerados para los abonos orgánicos y sustratos evaluados. En el mismo, se puede observar, que los abonos orgánicos que presentaron el menor costo (US\$ / qq) fueron aquellos preparados sin microorganismos eficaces (EM), seguido por los abonos con EM, en ambos tipos de abono elaborado a partir de residuos de caña y residuos de arroz-gallinaza respectivamente. Es importante señalar, que el costo del EM, las bolsas plásticas y la mano de obra influyen mucho en el costo final de los diferentes abonos elaborados para estos ensayos desde el punto de vista de precios, si los comparamos con los demás insumos utilizados.

En el caso de los *sustratos elaborados con abono orgánico de residuo de caña (SAC)*, el menor costo lo tiene el sustrato con abono de caña (SAC) sin EM 15:85, seguido del sustrato (SAC) sin EM 30:70, sustrato (SAC) con EM 15:85 y finalmente el sustrato (SAC) con EM 30:70. En este contexto para los *sustratos elaborados con abono orgánico a base de residuos de arroz-gallinaza (SAAG)* el costo más bajo recae en el sustrato (SAAG) sin EM 15:85, luego tenemos el sustrato SAAG sin EM 30:70, sustrato (SAAG) con EM 15: 85 y por último el sustrato (SAAG) con EM 30:70 con el costo más alto.

Cabe resaltar, que para ambos tipos de sustratos, el mayor costo recae sobre las proporciones 30:70 con y sin EM, y esto debido a que se empleó una mayor cantidad de abono orgánico para su elaboración. Es importante destacar que el costo de los sustratos elaborados, está por debajo del precio del sustrato comercial (Anexo 24).

El costo de producción de los *biofertilizantes líquidos elaborados con abono de residuos de caña con y sin EM* se presentan en el (Anexo 25), en el mismo se puede observar que no existe una diferencia marcada entre ambos biofertilizantes, siendo el precio del biofertilizante con EM US\$ 0.135/litro y sin EM US\$ 0.134/litro, respectivamente. Para el caso de los *biofertilizantes elaborados con abono a base de residuos de arroz y gallinaza* (Anexo 26) presentan el mismo comportamiento de costos que los biofertilizantes elaborados con la otra fuente, para el biofertilizante con EM tenemos un costo de US\$ 0.14/litro y sin EM tiene el mismo valor.

Con base en la estimación del costo de cada uno de los abonos, sustratos orgánicos, biofertilizante líquido evaluado, semilla y mano de obra, se determinó el costo en US\$ para cultivar una hectárea de tomate, para una densidad de 33,333 plántulas (Anexo 27). En la (Figura 26) se muestra la comparación del costo de plántulas requeridas por hectárea en función de cada tipo de sustrato elaborado a partir de abono orgánico con residuos caña, en la misma, el menor costo por hectárea se logró con el sustrato sin EM- proporción 15:85 con un costo US\$ 136.67, seguido de el sustrato sin EM-proporción 30:70 (US\$ 140.00), sustrato con EM- proporción 15:85 (US\$ 150.00) y el sustrato con EM- proporción 30:70 (US\$ 153.33) respectivamente. Así mismo, el costo por plántula con el sustrato comercial (US\$ 376.66) es superior al de cada uno de los sustratos elaborados.

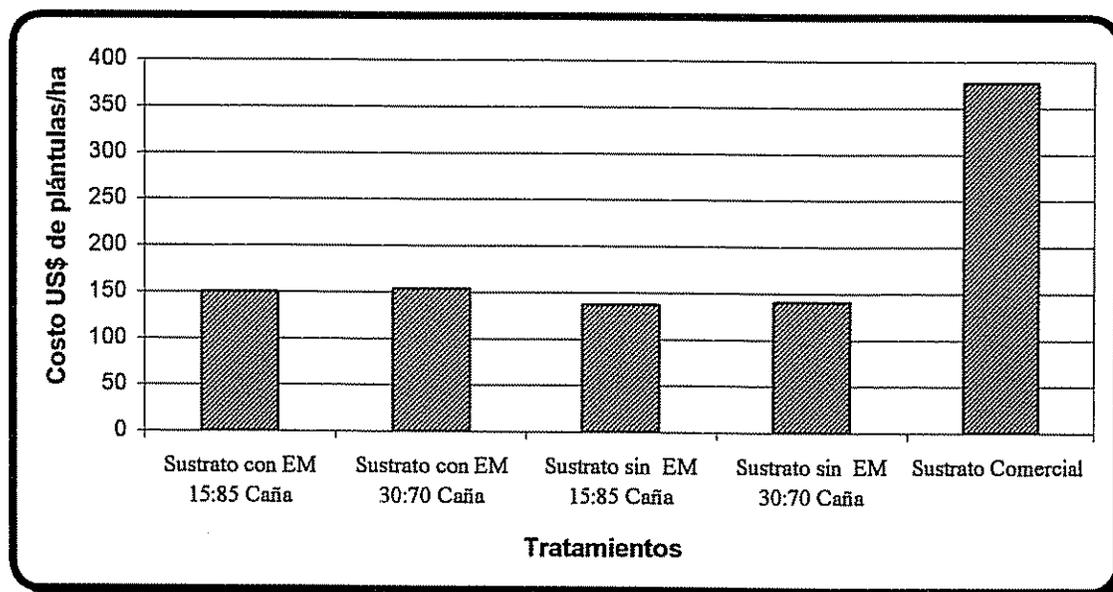


Figura 27. Comparación del costo de plántulas en US\$ para una hectárea de tomate (33.333 unidades) en función del tipo de sustrato elaborado con residuos de caña.

Al comparar el costo de producción de plántulas para el caso de los sustratos a base de residuos de arroz y gallinaza, podemos observar en la (Figura 27) que el costo más bajo para esta fase del cultivo de tomate se obtuvo con el sustrato sin EM 15:85 (US\$ 143.32), en este orden tenemos el sustrato sin EM 30:70 (US\$ 153.33), sustrato con EM 15:85 (US\$ 160.00) y el sustrato con EM 30:70 (173.33) con el mayor costo.

Los resultados obtenidos para ambos tipos de sustratos muestran el mismo comportamiento en el costo de producción de plántulas para una hectárea de tomate en función de todos los factores considerados para estimar el costo por unidad producida, manteniendo el sustrato comercial una diferencia considerable en costo al compararlo con los sustratos elaborados.

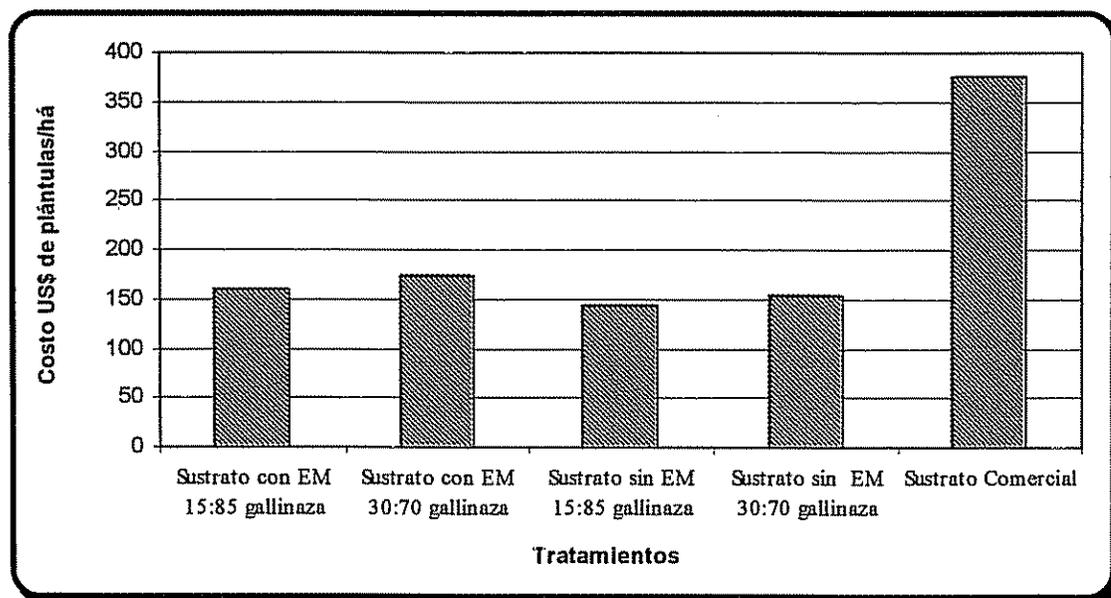


Figura 28. Comparación del costo de plántulas en US\$ para una hectárea de tomate (33.333 unidades) en función del tipo de sustrato.

Es importante señalar que los sustratos evaluados en ambos experimentos presentan un costo por libra muy por debajo del precio del sustrato comercial. Sin embargo, la calidad de plántulas obtenidas con la utilización del sustrato comercial fue muy superior a la de los sustratos preparados en los experimentos. En este sentido, tenemos que entre los diferentes sustratos existe una variabilidad de calidad de plántulas.

5. Conclusiones

1. El sustrato elaborado a base del abono orgánico que se preparó con residuos de arroz y gallinaza, presenta un mejor balance nutricional que aquel abono que contiene bagazo y cachaza de caña. Este efecto nutricional se evidenció en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate el cual fue muy superior, lo que permite identificar las mejores fuentes de materia prima para la elaboración de abonos orgánicos y biofertilizantes.
2. La aplicación de tratamientos foliares (biofertilizantes) no presentó un efecto marcado en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate en los diferentes experimentos, su respuesta pudo estar enmascarada por el efecto de las propiedades nutricionales que aportan los abonos durante esta primera etapa del cultivo. Por tanto, este crecimiento y desarrollo de las plántulas se debe principalmente al efecto de los tratamientos de suelo tanto de residuos de caña como por los de residuos de arroz y gallinaza (con y sin EM).
3. Se encontraron diferencias en la calidad de las plántulas de tomate al evaluar las variables de respuesta (altura y diámetro) en los diferentes experimentos. Los valores obtenidos se encuentran por debajo de los rangos de calidad que se tiene establecido para producción de plántulas, lo que indica, que el contenido nutricional de los diferentes sustratos elaborados es menor al requerido para alcanzar un buen crecimiento y desarrollo de las plántulas en la fase de semillero. Sin embargo, es importante mencionar que los sustratos preparados con residuos de arroz y gallinaza presentan valores de altura y diámetro mayores (6.15 cms y 1.6mm respectivamente) que pueden ser considerados para llevar las plántulas a campo, bajo los estándares establecidos.
4. En base a los resultados obtenidos en la investigación, se puede concluir, que la presencia de microorganismos eficaces (EM), ejerce un efecto benéfico, en aquellos sustratos que tienen una mayor diversidad de materia prima, tal es el caso, del sustrato a base de residuos de arroz (polidura y cascarilla de arroz) y excreta de animal (gallinaza). Por consiguiente, los microorganismos eficaces (EM) dentro del proceso de elaboración de

los sustratos contribuyen, considerablemente, a la descomposición de la materia prima, lo que favorece la calidad del mismo para un buen desarrollo de las plántulas.

5. Desde el punto de vista económico, todos los sustratos elaborados presentan un costo por quintal menor al costo del sustrato comercial. Esto permite mejorar el contenido nutricional de los sustratos elaborados y evaluados que presentan los mejores resultados en base a las variables tomadas en cuenta para este estudio; de manera que se pueda obtener plántulas de calidad a costos inferiores a los del sustrato comercial, con lo cual se aprovecha la materia prima existente en las áreas de producción y se evita la fuga de divisas para el país con la exportación de sustratos comerciales.

6. Recomendaciones

1. De acuerdo a los resultados obtenidos, puede considerarse una alternativa para la nutrición del tomate la utilización de la proporción 30% con EM del sustrato con residuos de arroz y gallinaza como un insumo orgánico para el crecimiento del cultivo, con lo cual se lograría la sustitución parcial de la fertilización sintética en este sistema de producción.
2. Se recomienda realizar otros experimentos en condiciones de campo, donde se utilicen los mejores tratamientos obtenidos en el experimento No.2 con los sustratos cuya fuente fue a base de residuos de arroz y gallinaza, para determinar si, realmente, los resultados obtenidos en la casa de cultivo, aportan algún beneficio en las otras etapas fenológicas del cultivo.
3. Desarrollar estudios con otras proporciones de abono (mayores de 30%) y con otros tipos de abonos (ej. lombri-compost) para medir el efecto nutricional y la respuesta en crecimiento y desarrollo de las plántulas.
4. Si se trata de repetir los resultados obtenidos, es importante que los abonos orgánicos utilizados tengan el mismo proceso de elaboración que se le proporcionó para cada uno de los experimentos evaluados.
5. Para trabajos futuros de evaluación de plántulas de tomate en la etapa de semillero, medir la variable diámetro de tallo no es tan importante, ya que no es una característica de crecimiento tomada en cuenta por los productores al momento de seleccionar su material de siembra. Dado que se le da mayor importancia a la altura de la plántula y la estimación de prueba de pilón que ofrece el sustrato al sistema radicular.
6. Se recomienda enriquecer los mejores sustratos, ya que los bajos costos de elaboración ofrecen un margen considerable en costo en relación al sustrato comercial, lo cual permite preparar sustratos con los elementos nutricionales en las cantidades mínimas requeridas para un buen desarrollo de las plántulas en la fase de semillero.

7. Literatura citada

- Allison, LE. 1970. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México, DF. Centro Regional de Ayuda Técnica-AID 172 p.
- Arozarena, N; González, R; González M, AC. 2002. Agricultura sostenible: empleo de residuos sólidos urbanos en la obtención de sustratos de uso agrícola. La Habana, CU. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". 9 p.
- Bautista, O. 1991 Utilización de la cachaza líquida preservada con benzoato de sodio en la alimentación de cerdos en incremento y acabado (en línea). Consultado 16 de noviembre de 2002. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/zt0901/texto/nota.htm>
- Bernat, C; Andrés, J; Martínez, J. 1990. Invernaderos: construcción, manejo, rentabilidad. Editorial AEDOS. Barcelona, ES. 143p.
- Berjon, MA. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo. Madrid, ES, Mundi-Prensa. p.132-166.
- Bures, S. 1997. Sustratos. Madrid, ES, Agrotecnicas. 342 p.
- Cabrera, SL; Gómez A, A; Martínez, A; Quintero, R. 2002. Biocombustibles a partir de recursos lignocelulósicos: estudio de caso, bagazo de caña en México (en línea). Consultado 16 de noviembre de 2002. Disponible en http://www.unam.mx/pue/IV_CONGRESO_PONENCIAS_AMEE/Miercoles_13/TEMA%202/SESION%20TECNICA/SANDRA%20ALFONSO%20ALFREDO.pdf
- Camejo, D; Torres, W. 2000. La salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon sculentum*, Mill). Cultivos Tropicales 21(2):23-26.
- Campabadal, C. 2002. Clasificación de los ingredientes utilizados en la elaboración de alimentos balanceados para animales (en línea) Consultado el 16 de noviembre de 2002. Disponible en: <http://www.ag.uiuc.edu/~asala/espanol/nutricionanimal/publicaciones/Clasificaci%F3n%20de%20los%20ingredientes%20Utilizados%20en%20la%20Elaboraci%F3n%20de%20Alimentos%20para%20Animales.pdf>
- Carrasco, T; Valiño, E; Medina, I; Ravelo, D. 1999. Diseño y evaluación de un biorreactor para fermentación en estado sólido. Revista Cubana Ciencias Agrícolas no. 33:429-435.
- Castro R, D; Díaz G, JJ. 2001. Alternativas para el manejo integrado del cultivo de la mora de castilla (*Rubis glaucus* G). Antioquia, CO, Universidad Católica de Oriente. Unidad de Biotecnología Vegetal. 73 p.
- Castro, MO. 1998. Las rizobacterias y enmiendas orgánicas en la inducción de resistencia a geminivirus en el cultivo de tomate. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 72 p.
- CATIE (Centro Agronómico Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1990 Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo del tomate. Turrialba, CR. CATIE. 138 p. Serie técnica. Informe Técnico no. 151.

- Chávez, G. 1980. Morfología de la planta. In León Gallegos., H.; Arosemena Dutari, M. El cultivo del tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán. Culiacán, Sinaloa, MX. p.11-19.
- Chung, YR; Hoitink, HAJ. 1990. Interactions between thermophilic fungi and *Trichoderma hamatum* in suppression of *Rhizoctonia* damping-off in a back compost-amended container medium. *Phytopathology* 80:73-77.
- Dalzell, HW; Biddlestone, AJ; Gray, KR; Thurairajan, K. 1994. Manejo del suelo: producción y uso del composteo en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín de Suelos (FAO)*. no. 56:1-52.
- EM Technologies, INC. 1996. The APNAN users manual EM nature farming guide. Kyusei nature farming with effective microorganism (EM technology). Phillips, J; Phillip, S. Arizona US, EM technologies. 40 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2002. FAOSTAT, agriculture data (en línea). Consultado el 17 de noviembre de 2002. Disponible en: <http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&language=EN&hostname=apps.fao.org&version=default>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT) 1986. Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. *Boletín FAO* no.9: 198 p.
- _____. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. *Estudio FAO Riego y Drenaje* no. 55:175 p.
- Flaig, W; Nagar, B; Sochting, H; Tietjen, C. 1977. Organic materials and soil productivity. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. no. 35:35-56.
- Funes, F. 1997. Experiencias cubanas en agroecología. *Agricultura Orgánica*. La Habana, CU. p. 10-18.
- Gajdos, R. 1992. The use of organic waste materials as organic fertilizers-recycling of plant nutrients. *Acta Horticulturae*. no. 302:325-331.
- Gigena, R; Tribaldos, RD. 1998. Análisis financiero y ambiental de la producción de bokashi a partir de excretas de bovinos, fibra seca y microorganismos eficaces (EM), en las áreas de doble propósito y semiconfinamiento de la EARTH, como sustituto del agua para lavado. Tesis Lic. Ing. Agr. Guácimo, CR, EARTH. 67 p.
- Gómez, F. 2001. Evaluación del Bokashi como sustrato para semilleros en la región Atlántica de Costa Rica. Tesis Lic. Ing. Agr. Guácimo, CR, EARTH. 32p.
- Gómez, O.; Casanova, A.; Laterrot, H.; Anais, G. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana, CU, Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". 159 p.
- Guerrero, J. 1993. Abonos orgánicos: tecnología para el manejo ecológico de suelos. Lima, PE, Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA). 90 p.

- Hadar, Y; Gorodecki, B. 1991. Suppression of germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in compost. *Soil Biology and Biochemistry* 23:303-306.
- Hernández, J; Cruz, A. 2002. Gallinaza (en línea). Consultado 16 noviembre de 2002. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/CARNE/gallinaza.html>
- Hesseltine, CW. 1972. Solid state fermentation. *Biotechnology Report. Biotechnology and Bioengineering* 14:517-520.
- Hoitink, HAJ, Inbar, Y, Boehm, MJ. 1991. Status of composted-amendee potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops. *Plant Disease* 75: 869-873.
- Hoitink, HAJ; Stone, AG; Han, DY. 1997. Supresión de enfermedades mediante el uso de compost. *Manejo Integrado de Plagas* no. 43:31-39.
- Holdridge, LR. 1979. *Ecología: basada en zonas de vida*. Trad. Por Humberto Jiménez-Saa. San José, CR, IICA. 216 p.
- Huerres, C. 1987. *Hortalizas*. La Habana, CU, ISCAH. 50p.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, PA). 1999. Análisis del sistema producción y consumo de hortalizas en Panamá. Panamá. p. 8-9.
- _____. 2000a. Proyecto de investigación y transferencia para el mejoramiento genético de tomate y aji pimentón. Memoria anual. 1 disco compacto, 8 mm.
- _____. 2000b. Proyecto de Investigación y Transferencia en el Manejo Integral del Cultivo de Tomate en el Sistema de Producción de Tomate Industrial (en línea). Consultado 10 diciembre 2001. Disponible en <http://www.mida.gob.pa/idiap/tomate.html>
- Kolmans, E; Vásquez, D. 1999. *Manual de agricultura ecológica: una introducción a los principios básicos y su aplicación*. 2 ed. La Habana, CU, Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, Grupo de Agricultura Orgánica. 150 p.
- Krugh, B., Bichham, L, y Miles, D. 1994. The soil- state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. *Maize genetics cooperation. News Letter* 68:25-27.
- Kyan, T; Shintani, M; Kanda, S; Sakurai, M; Ohashi, H; Fujisawa, A; Pongdit, S. 1999. Kyusei nature farming and the technology of effective microorganisms. Bangkok, TH, International Nature Farming Research Center, Atami, Japan and Asia Pacific Natural Agriculture Network. 44 p.
- Lira, RH. 1994. *Fisiología vegetal*. México, DF. Trillas. 237 p.
- Littleton, TE. 2000. Evaluación de sustratos en el desarrollo de plantas de papaya (*Carica papaya*), en vivero. Tesis Lic. Ing. Agr. San José, CR. 42 p.
- Lonsane, BK; Childyal, NP; Budiartman, S; Ramakrishna, SV. 1985. Engineering aspects of solid state fermentation. *Enzyme Microbiology Technology* 7:258-261.

- Martínez, V; Cerda, A; Nieves, M. 1993. Efecto combinado de la salinidad y de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de micronutrientes en plantas de tomate y pepino. *Anales de Edafología y Agrobiología* no. 5-6:731-740.
- Martínez V, R; Dibut A, B. 1995. Beneficio de la utilización de los biofertilizantes en Cuba. In *Encuentro Internacional sobre Agricultura Urbana y su Impacto en la Alimentación de la Comunidad. Memorias. La Habana, CU.* p. 61-74.
- Martínez V, R. 2002. Características de los biofertilizantes y bioestimuladores en las regiones tropicales. La Habana, CU, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt (INIFAT). 68 p.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2000. El cultivo de tomate en Panamá. Panamá, Misión Técnica de la República de China en Panamá. 20 p.
- _____. 2002. Superficie, producción y rendimiento de tomate industrial por región. Panamá, Dirección Nacional de Desarrollo Agricultura. 10 p.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura, CU). 2002. Manual técnico de organopónicos y huertos intensivos. Habana, CU, AGRINFOR. 145 p.
- Molina, JS. 1982. Manejo ecológico del suelo: la agricultura en regiones tropicales. 5 ed. Buenos Aires, AR. 499 p.
- Morales, Y, Andreu, C, Valiño, A. 2000. Elaboración de compost a partir de desechos vegetales y la adición de diferentes sustratos. La Habana, CU, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara. 5p.
- Nuez, F. 1995. El cultivo de tomate. Madrid, ES, Mundi-Prensa. 793 p.
- Pillimue, GA, Barrera, N, Cantillo, SH. 1998. Determinación de deficiencias de elementos mayores en plántulas de tomate de árbol *Solanum betacea* Sinónimo, *Cyphomandra betacea* (Cav) Sendt. *Acta Agronómica* 48(3/4):62-67.
- Ramírez, C. 1996. Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: oportunidades en la fitoprotección. In *Congreso Nacional Agronómico 10, 1996, San José, CR.* p. 81-84.
- Restrepo R, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados: experiencias de agricultores en Centro América y Brasil. San José, CR, Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. 51 p.
- _____. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares: experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. San José, CR, IICA. 157 p.
- Rodríguez, M; Alcántar G, G; Aguilar S, A; Etchevers B., J; Santizó R, JA. 1998. Estimation of nitrogen and chlorophyll status of tomato with a portable chlorophyll meter. *TERRA* 16(2):135-141.
- Rodríguez N, A; Companioni C, N; Carrión R, M; Peña T, E. 2001. Guía práctica para el uso y manejo de la materia orgánica en la agricultura urbana. La Habana, CU, Ministerio de Agricultura. Grupo Nacional de agricultura Urbana. 12 p.

- Salisbury, FB; Ross, CW. 1994. Fisiología vegetal. Trad. NG Philp. 4 ed. México, D.F. 759p.
- Sasaki, S. 1991. La extensión del método orgánico para la agricultura en Alfraro Ruiz de Alajuela, Costa Rica: informe del proyecto. San José, CR, Servicio de Voluntarios Japoneses para la Cooperación con el Extranjero. 23 p.
- Serrano C, Z. 1982. Tomate, pimiento y berenjena en invernadero. 2 ed. Madrid, ES, Publicaciones de Extensión Agraria. 257 p.
- Shintani, M; Tabora, P. 1998. Producción de bokashi para agricultura orgánica en los trópicos. San José, CR, EARTH, Guácimo. 14 p.
- Stell, R; Torrie, J. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. Trad. Por R., Martínez y JM, Castaño. 2 ed. México, McGRAW-HILL. 622 p.
- Suquilanda, MB. 1995. Fertilización orgánica: manual técnico. Quito, EC, Ediciones UPS-FUNDAGRO. 78 p.
- Tengerdy, RP; Laukevies, JJ; Apsite, AF; Viesturs, UE. 1984. Solid substrate fermentation of wheat straw to fungal protein. *Biotechnology and Bioengineering* 24:1465-1468.
- Terry, E; Pino, M; Medina, N. 1995. Aplicación de biofertilizantes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en época temprana. *Cultivos Tropicales* 16(3):69-71.
- Yadava, UL. 1986. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll intact leaves. *HortScience* 21(6):1449-1450.
- Wilcox, EG. 1994. Tomato. In Nennett, NF. (ed.) Nutrient deficiencies of toxicities in crop plants. St. Paul, MN, EU, APS Press. p.127-141.

8. Anexos

Anexo 1.

Receta de bokashi basada en la receta original de Sasaki (1991) materiales utilizados para la elaboración de 15 sacos de abono orgánico "Bokashi"

| <i>Ingrediente</i> | <i>Cantidad</i> |
|--------------------------------|-----------------|
| - Gallinaza | 3 sacos |
| - Cascarilla de arroz | 3 sacos |
| - Carbón vegetal en polvo | 3 sacos |
| - Pulidura o semolina de arroz | 1 saco |
| - Concentrado para ganado | 1 saco |
| - Tierra negra de montaña | 5 sacos |

Procedimiento:

1. Hacer capas de los materiales en el siguiente orden: dos sacos de tierra negra, un saco de cascarilla de arroz, un saco de cuita de gallina, un saco de carbón en polvo, tercera parte de semolina de arroz, agregando agua poco a poco, luego repitiendo las capas en el mismo orden con el resto de los demás ingredientes.
2. Mezcle todos los componentes completamente con la pala, agregando agua adecuadamente (como 50% de agua).
3. Tape todo con los sacos usados, para que no se acerquen moscos y se mantengan la humedad y la temperatura.
4. Después de unos días, va a subir la temperatura interior. Cuando la temperatura llegue hasta 50°C, hay que mezclar bien con la pala. Si está seco, agregue agua adecuadamente. En ese momento aparecerán muchos hongos blancos.
5. Siga con este procedimiento observando la subida de temperatura con el termómetro durante una semana. Cuando huele como a amoníaco fuerte, agregue un saco de carbón en polvo.
6. Gradualmente se colorea de negro y disminuye el mal olor.
7. Extiéndalo para secar.
8. Después de una semana ya está listo, puede ser usado o guardado en sacos en un lugar fresco y sombreado.

Continuación

Principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar los abonos orgánicos fermentados

Carbón vegetal: Contribuye a mejorar las características físicas del suelo, facilita la aireación, la absorción de humedad y calor (energía). Al tener un alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, a la vez que funciona con el efecto tipo “esponja sólida”, que es la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, reduciendo la pérdida y el lavado de éstos en el suelo. Además, las partículas de carbón permiten una buena oxigenación del abono, de manera que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación.

Gallinaza: Constituye la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos fermentados. Su principal aporte es mejorar las características de la fertilidad del suelo con algunos nutrientes, como fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.

Cascarilla de arroz: Mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. De igual forma beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas. Además, es una fuente rica en sílice, lo que beneficia a los vegetales, ya que los hace más resistentes a los ataques de insectos y microorganismos. A largo plazo, se convierte en una fuente de humus. En forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, y ayuda a corregir la acidez de los suelos.

Pulidura de arroz: es uno de los ingredientes que favorecen, en alto grado, la fermentación de los abonos, la cual se incrementa por la presencia de vitaminas complejas en la pulidura o en afrecho de arroz, también llamado semolina. Aporta nitrógeno, y es muy rica en otros nutrientes, como fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Tierra común: ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea fabricar. Tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y, consecuentemente, lograr una buena fermentación. Por otro lado, funciona como una esponja, al tener capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo con las necesidades de éstas (Restrepo 2001)

Anexo 2

Descripción varietal del Cultivar de Tomate IDIAP T-8

| <i>PARÁMETROS</i> | <i>CARACTERÍSTICAS</i> |
|---------------------------|--|
| Hábito de crecimiento. | Semi-determinado |
| Pubescencia del tallo | Intermedia |
| Forma del fruto | Pera grande |
| Color del fruto maduro | Roja |
| Ancho del fruto | ±8.0 - 8.5 cms |
| Días a floración | ±35-40 días después del transplante (d. d. t.) |
| Días a cosecha | ±60-75 días después del transplante (d. d. t.) |
| Rend /planta | ±2.0-2.5 kg |
| Peso promedio/fruto | ±30-34 gramos |
| Números de frutos /planta | ±50-60 |
| Rend/hectárea | 1,200-1,500 qq |
| Duración de la cosecha | 25-30 días (época seca) |
| PH | 5-6 |
| Brix | 6-7 |

Anexo 3.

Análisis químico del suelo

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
Análisis y recomendaciones para la producción de cosechas

Para: Ing. Katiuska Andrew
Corregimiento: Río Hato Distrito: Antón Provincia: Coclé
Cultivo: Tomate

| Resultados de Análisis de Laboratorio | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|----------------|-------------------|----------------|------|------------------|------------------|--------|------------------------|----------|-------------|--------------------|-----------------|------|-------|
| No. Muestra | Muestra | Color Suelo | C.E. (Mhos/cm) | A.L.Arc (%) | PH | Fósforo Ug/ml | Potasio Ug/ml | Calcio | Magnesio Meq/100 ml | Aluminio | M.O. (%) | Manganeso Ug/ml | Hierro Ug/ml | Zinc | Cobre |
| 2452 | Suelo | Pardo grisaceo | 0.9 | 64-26-10 | 7.2 | 35 | 254 | 0.67 | 0.13 | 0.1 | 1.54 | 36 | 14 | 1 | 7 |
| Interpretación de resultados | | | | | | | | | | | | | | | |
| No. Muestra | Textura | PH | P | K | Ca | Mg | Al | M.O. | Mh | Fe | Zn | Cu | | | |
| | F. Arcillosa | Alcalino | alto | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | medio | bajo | bajo | alto | | | |

Anexo 5.

Análisis químico de los abonos elaborados con residuos de caña y la combinación de residuos de arroz y gallinaza

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
Análisis y recomendaciones para la producción de cosechas

Para: Ing. Katuska Andrew
 Corregimiento: Río Hato Distrito: Antón Provincia: Coclé
 Cultivo: Tomate

| Resultados de Análisis de Laboratorio | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|----------|------|------------|-----|--|
| No. Muestra | Muestra | Color Suelo | PH | C/N | N | M.O. | P | K | Mn | Fe | Zn | Cu | Ca | Mg | Al | |
| | | | | | | | Ug/ml | | | | | | | Meq/100 ml | | |
| 1784 | AC con EM | Pardo grisáceo claro | 7.9 | 11.9 | 1.8 | 36.9 | 1,089 | 430 | 68 | 176 | 17 | 3 | 0.32 | 0.09 | 0.1 | |
| 1785 | AC sin EM | Pardo grisáceo claro | 8.1 | 11.4 | 1.4 | 27.5 | 1,023 | 547 | 68 | 233 | 16 | 3 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | |
| 1786 | AAG con EM | Pardo grisáceo claro | 5.5 | 11.7 | 2.8 | 56.4 | 1,507 | 3,910 | 93 | 82 | 31 | 1 | 0.72 | 1.4 | 0.1 | |
| 1787 | AAG sin EM | Pardo grisáceo claro | 5.6 | 11.8 | 2.9 | 58.9 | 1,232 | 3,910 | 101 | 49 | 34 | 1 | 0.76 | 1.32 | 0.1 | |
| Interpretación de análisis | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No. Muestra | Textura | PH | M.O. | P | K | Mn | Fe | Zn | Cu | Ca | Mg | Al | | | | |
| 1784 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | alto | alto | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | | | |
| 1785 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | alto | alto | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | | | |
| 1786 | | Acido | alto | alto | alto | alto | alto | alto | bajo | bajo | medio | muy alto | bajo | | | |
| 1787 | | Acido | alto | alto | alto | alto | medio | alto | bajo | bajo | medio | muy alto | bajo | | | |

AC/ Abono orgánico de residuos de Caña
 AAG/ Abono orgánico de residuos de arroz y gallinaza

Anexo 6.

Análisis químico de los sustratos elaborados con abono de residuos de caña y la combinación de residuos de arroz y gallinaza

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
Análisis y recomendaciones para la producción de cosechas

Para: Inq. Katuska Andrew
Corregimiento: Río Hato Distrito: Antón Provincia: Coclé
Cultivo: Tomate

| Resultados de Análisis de Laboratorio | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| No. Muestra | Muestra | Color Suelo | PH | C/N | N | M.O. | P | K | Mn | Fe | Zn | Cu | Ca | Al |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 1789 | Sustrato AC con EM (15%) | Gris oscuro | 7.9 | 12.3 | 0.5 | 10.6 | 319 | 371 | 45 | 42 | 5 | 1 | 0.44 | 0.11 |
| 1790 | Sustrato AC con EM (30%) | Gris | 7.9 | 12.4 | 0.5 | 10.7 | 693 | 430 | 73 | 75 | 12 | 2 | 0.51 | 0.15 |
| 1791 | Sustrato AC sin EM (15%) | Gris oscuro | 7.6 | 11.7 | 1.0 | 20.1 | 286 | 391 | 55 | 42 | 7 | 1 | 0.49 | 0.13 |
| 1792 | Sustrato AC sin EM (30%) | Gris | 7.8 | 12.1 | 0.9 | 18.8 | 638 | 430 | 57 | 70 | 9 | 2 | 0.39 | 0.11 |
| 1793 | Sustrato AAG con EM (15%) | Gris oscuro | 7.9 | 11.6 | 0.47 | 9.4 | 275 | 938 | 68 | 12 | 6 | 1 | 0.35 | 0.14 |
| 1794 | Sustrato AAG con EM (30%) | Gris oscuro | 8.1 | 11.7 | 1.0 | 20.1 | 605 | 1,368 | 71 | 15 | 9 | Tr | 0.23 | 0.2 |
| 1795 | Sustrato AAG sin EM (15%) | Gris oscuro | 8.1 | 11.6 | 0.37 | 7.4 | 286 | 977 | 58 | 10 | 5 | Tr | 0.35 | 0.57 |
| 1796 | Sustrato AAG sin EM (30%) | Gris oscuro | 8.1 | 11.5 | 0.54 | 10.7 | 660 | 1,407 | 61 | 11 | 9 | Tr | 0.21 | 0.2 |
| Interpretación de análisis | | | | | | | | | | | | | | |
| No. Muestra | Textura | | PH | | | M.O. | P | K | Mn | Fe | Zn | Cu | Ca | Al |
| 1789 | | | Alcalino | | | alto | alto | alto | medio | medio | medio | bajo | bajo | bajo |
| 1790 | | | Alcalino | | | alto | alto | alto | alto | medio | medio | bajo | bajo | bajo |
| 1791 | | | Alcalino | | | alto | alto | alto | alto | medio | medio | bajo | bajo | bajo |
| 1792 | | | Alcalino | | | alto | alto | alto | alto | medio | medio | bajo | bajo | bajo |
| 1793 | | | Alcalino | | | alto | alto | alto | alto | bajo | medio | bajo | bajo | bajo |
| 1794 | | | Alcalino | | | alto | alto | alto | alto | bajo | medio | bajo | bajo | bajo |
| 1795 | | | Alcalino | | | alto | alto | alto | alto | bajo | medio | bajo | bajo | bajo |
| 1796 | | | Alcalino | | | alto | alto | alto | alto | bajo | medio | bajo | bajo | bajo |

AC/ Abono orgánico de residuos de Caña
AAG/ Abono orgánico de residuos de arroz y gallinaza

Anexo 7.

Análisis químico y de conductividad eléctrica de los abonos y sustratos evaluados.

Insituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
Análisis y recomendaciones para la producción de cosechas

Para: Ing. Katuska Andrew
 Corregimiento: Río Hato Distrito: Antón Provincia: Coclé
 Cultivo: Tomate

| Resultados de Análisis de Laboratorio | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|----------------|-------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|----------|
| No. Muestra | Muestra | Color Suelo | C.E. (Mhos/cm) | PH | M.O. | P | K | Mn | Fe | Zn | Cu | Ca | Mg | Al |
| Ug/ml | | | | | | | | | | | | | | |
| 2450 | Sustrato AC con EM (15%) | Pardo Grisaceo | 5.0 | 7.6 | 4.7 | 480 | 443 | 59 | 82 | 7 | 1 | 0.52 | 0.13 | 0.1 |
| 2451 | Sustrato AC con EM (30%) | Pardo Grisaceo | 5.0 | 7.9 | 14.1 | 430 | 232 | 78 | 77 | 11 | 2 | 0.51 | 0.14 | 0.1 |
| 2452 | Sustrato AC sin EM (15%) | Pardo Grisaceo | 5.0 | 7.9 | 7.4 | 300 | 256 | 62 | 113 | 7 | 1 | 0.66 | 0.17 | 0.1 |
| 2453 | Sustrato AC sin EM (30%) | Pardo Grisaceo | 5.0 | 8.0 | 20.1 | 870 | 472 | 78 | 132 | 11 | 2 | 0.47 | 0.13 | 0.1 |
| 2455 | Sustrato AAG con EM (30%) | Gris | 14.0 | 8.1 | 6.7 | 576 | 977 | 80 | 21 | 11 | 1 | 0.46 | 0.35 | 6.2 |
| 2457 | Sustrato AAG sin EM (30%) | Gris | 16.0 | 8.1 | 7.4 | 966 | 1,368 | 89 | 21 | 13 | 1 | 0.43 | 0.38 | 6.3 |
| Interpretación de análisis | | | | | | | | | | | | | | |
| No. Muestra | Textura | PH | M.O. | P | K | Mn | Fe | Zn | Cu | Ca | Mg | Al | | |
| 2450 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | alto | alto | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2451 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | alto | alto | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2452 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | alto | alto | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2453 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | alto | alto | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2455 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | bajo | alto | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | muy alto |
| 2457 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | bajo | alto | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo | muy alto |

AC/ Abono orgánico de residuos de Caña
 AAG/ Abono orgánico de residuos de arroz y gallinaza

Anexo 8.

Análisis químico de los sustratos corregidos

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
Análisis y recomendaciones para la producción de cosechas

Para: Ing. Katiuska Andrew
Corregimiento: Río Hato Distrito: Antón Provincia: Coclé
Cultivo: Tomate

| Resultados de Análisis de Laboratorio | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----------|
| No. Muestra | Muestra | Color Suelo | PH | M.O. | P | K | Mn | Fe | Zn | Cu | Ca | Mg | Al |
| | | | | | | | | | | | | | Mg/100 ml |
| | | | | | | | | | | | | | Ug/ml |
| 2812 | Sustrato AC con EM (15%) | Gris oscuro | 8.1 | 8.7 | 132 | 367 | 60 | 38 | 11 | Tr | 0.62 | 0.11 | 0.2 |
| 2813 | Sustrato AC con EM (30%) | Gris oscuro | 8.0 | 10 | 198 | 400 | 79 | 83 | 16 | Tr | 0.49 | 0.11 | 0.2 |
| 2814 | Sustrato AC sin EM (15%) | Gris oscuro | 8.1 | 4.02 | 288 | 359 | 72 | 49 | 13 | Tr | 0.55 | 0.12 | 0.2 |
| 2815 | Sustrato AC sin EM (30%) | Gris oscuro | 8.1 | 15.4 | 228 | 431 | 85 | 82 | 16 | Tr | 0.47 | 0.12 | 0.2 |
| 2816 | Sustrato AAG con EM (15%) | Gris oscuro | 8.1 | 0.8 | 192 | 472 | 38 | 14 | 12 | Tr | 0.24 | 0.15 | 0.2 |
| 2817 | Sustrato AAG con EM (30%) | Gris oscuro | 7.8 | 2.81 | 333 | 511 | 45 | 14 | 8 | Tr | 0.26 | 0.15 | 0.2 |
| 2818 | Sustrato AAG sin EM (15%) | Gris oscuro | 7.7 | 2.41 | 198 | 375 | 29 | 14 | 13 | Tr | 0.27 | 0.15 | 0.3 |
| 2819 | Sustrato AAG sin EM (30%) | Gris oscuro | 7.9 | 1.34 | 402 | 664 | 52 | 16 | 10 | Tr | 0.22 | 0.16 | 0.3 |
| Interpretación de análisis | | | | | | | | | | | | | |
| No. Muestra | Textura | PH | M.O. | P | K | Mn | Fe | Zn | Cu | Ca | Mg | Al | Al |
| 2812 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | medio | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2813 | | Alcalino | medio | alto | alto | alto | medio | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2814 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | alto | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2815 | | Alcalino | alto | alto | alto | alto | alto | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2816 | | Alcalino | bajo | alto | alto | medio | bajo | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2817 | | Alcalino | medio | alto | alto | medio | bajo | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2818 | | Alcalino | medio | alto | alto | medio | bajo | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |
| 2819 | | Alcalino | bajo | alto | alto | alto | bajo | medio | bajo | bajo | bajo | bajo | bajo |

AC/ Abono orgánico de residuos de Caña
AAG/ Abono orgánico de residuos de arroz y gallinaza

Anexo 9.

Análisis de varianza de la altura, diámetro de tallos y contenido de clorofila por sustrato, biofertilizante líquido y la interacción sustrato x biofertilizante líquido en experimento No.1 sustratos con residuos de caña.

| VARIABLE | F. de v. | CUADRADO | | | C. V. |
|----------|----------------------------|----------|---------|-----------|-------|
| | | G.L. | MEDIO | Pr >F | |
| ALTURA | Sustrato | 5 | 526.529 | 0.0001 ** | 16.41 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.837 | 0.0227 * | |
| | Sustrato x biofertilizante | 20 | 2.061 | 0.0001 ** | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo.

| VARIABLE | F. de v. | CUADRADO | | | C. V. |
|----------|----------------------------|----------|-------|-----------|-------|
| | | G.L. | MEDIO | Pr >F | |
| DIÁMETRO | Sustrato | 5 | 5.928 | 0.0001 ** | 14.29 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.147 | 0.0001 ** | |
| | Sustrato x biofertilizante | 20 | 0.332 | 0.0001 ** | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

| VARIABLE | F. de v. | CUADRADO | | | C. V. |
|-----------|----------------------------|----------|---------|-----------|-------|
| | | G.L. | MEDIO | Pr >F | |
| CLOROFILA | Sustrato | 5 | 336.498 | 0.0001 ** | 11.86 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 33.010 | 0.0138 * | |
| | Sustrato x biofertilizante | 20 | 21.776 | 0.0034 ** | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

Anexo 10.

Análisis de varianza de la altura, diámetro de tallos y contenido de clorofila por sustrato, biofertilizante líquido e interacción sustrato x biofertilizante líquido en experimento No 2 sustratos con residuos de Arroz y Gallinaza.

| VARIABLE | CUADRADO | | | | |
|----------|----------------------------|------|--------|-----------|-------|
| | F. de v. | G.L. | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| ALTURA | Sustrato | 5 | 890.87 | 0.0001 ** | 25.79 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 14.16 | 0.0001 ** | |
| | Sustrato x biofertilizante | 20 | 13.17 | 0.0001 ** | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo.

| VARIABLE | CUADRADO | | | | |
|----------|----------------------------|------|-------|-----------|-------|
| | F. de v. | G.L. | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| DIÁMETRO | Sustrato | 5 | 17.35 | 0.0001 ** | 18.71 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.70 | 0.0001 ** | |
| | Sustrato x biofertilizante | 20 | 0.63 | 0.0001 ** | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

| VARIABLE | CUADRADO | | | | |
|-----------|----------------------------|------|--------|-----------|-------|
| | F. de v. | G.L. | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| CLOROFILA | Sustrato | 5 | 234.21 | 0.0001 ** | 8.67 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 6.14 | 0.2773 ns | |
| | Sustrato x biofertilizante | 20 | 15.71 | 0.0001 ** | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

Anexo 11. Análisis de varianza del peso fresco y peso seco del *follaje y raíz* por sustrato, biofertilizante líquido e interacción sustrato x biofertilizante líquido en experimento No.1 sustrato con abono orgánico con residuos de caña.

➤ Análisis de varianza del peso fresco y peso seco del follaje

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|-------------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO FRESCO DEL FOLLAJE | Sustrato | 5 | 18.8963 | 0.0001 ** | 18.07 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.1645 | 0.3788 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 20 | 0.17094 | 0.3618 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo.

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|-----------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO SECO DEL FOLLAJE | Sustrato | 5 | 1.2492 | 0.0001** | 16.17 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.0194 | 0.2006 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 20 | 0.0173 | 0.1717 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

➤ Análisis de varianza del peso fresco y peso seco de la raíz.

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|---------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO FRESCO DE RAIZ | Sustrato | 5 | 46.1539 | 0.0001 ** | 43.01 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.9812 | 0.2207 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 20 | 0.2994 | 0.9748 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|-------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO SECO DE RAIZ | Sustrato | 5 | 0.2566 | 0.0001 ** | 34.74 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.0062 | 0.0800 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 20 | 0.0024 | 0.6319 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

Anexo 12.

Análisis de varianza del peso fresco y peso seco del *follaje y raíz* por sustrato, biofertilizante líquido e interacción sustrato x biofertilizante líquido en experimento No.2 sustrato con abono orgánico de residuos de arroz y gallinaza.

➤ Análisis de varianza del peso fresco, y peso seco del follaje

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|----------------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO FRESCO DEL FOLLAJE | Sustrato | 5 | 10.9693 | 0.0001 ** | 14.69 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.1262 | 0.7073 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 20 | 0.1798 | 0.7387 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo.

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|--------------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO SECO DEL FOLLAJE | Sustrato | 5 | 0.7342 | 0.0001 ** | 12.42 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.0027 | 0.9407 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 20 | 0.0162 | 0.3312 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

➤ Análisis de varianza del peso fresco y peso seco de la raíz.

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|------------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO FRESCO DE RAIZ | Sustrato | 5 | 2.1439 | 0.0001 ** | 13.20 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.0690 | 0.4782 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 20 | 0.0601 | 0.7344 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|----------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO SECO DE RAIZ | Sustrato | 5 | 0.1830 | 0.0001 ** | 12.11 |
| | Biofertilizante líquido | 4 | 0.0031 | 0.6350 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 20 | 0.0030 | 0.8805 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

Anexo 13. Análisis de varianza de la altura, diámetro de tallos y contenido de clorofila por sustrato, biofertilizante líquido e interacción sustrato x biofertilizante líquido en experimento No.3

| VARIABLE | CUADRADO | | | | |
|----------|----------------------------|------|---------|-----------|-------|
| | F. de v. | G.L. | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| ALTURA | Sustrato | 1 | 25.3680 | 0.0001 ** | 10.34 |
| | Biofertilizante líquido | 1 | 1.6384 | 0.0125 * | |
| | Sustrato x biofertilizante | 1 | 0.0013 | 0.9230 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo.

| VARIABLE | CUADRADO | | | | |
|----------|----------------------------|------|--------|-----------|-------|
| | F. de v. | G.L. | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| DIÁMETRO | Sustrato | 1 | 1.1556 | 0.0001 ** | 8.57 |
| | Biofertilizante líquido | 1 | 0.0251 | 0.1003 ns | |
| | Sustrato x biofertilizante | 1 | 0.0318 | 0.0715 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

| VARIABLE | CUADRADO | | | | |
|-----------|----------------------------|------|---------|-----------|-------|
| | F. de v. | G.L. | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| CLOROFILA | Sustrato | 1 | 3.4769 | 0.0073 ** | 3.46 |
| | Biofertilizante líquido | 1 | 4.7017 | 0.0063 ** | |
| | Sustrato x biofertilizante | 1 | 11.6622 | 0.0006 ** | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

Anexo 14. Análisis de varianza del peso fresco y peso seco del *follaje y raíz* por sustrato, biofertilizante líquido e interacción sustrato x biofertilizante líquido en experimento No 3

➤ Análisis de varianza del peso fresco y peso seco del follaje

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|--------------------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO FRESCO DEL FOLLAJE | Sustrato | 1 | 255.0252 | 0.0001 ** | 12.42 |
| | Biofertilizante líquido | 1 | 0.4033 | 0.5084 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 1 | 0.0048 | 0.9414 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo.

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|------------------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO SECO DEL FOLLAJE | Sustrato | 1 | 1.4630 | 0.0001 ** | 10.41 |
| | Biofertilizante líquido | 1 | 0.0001 | 0.9044 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 1 | 0.0052 | 0.3368 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

➤ Análisis de varianza del peso fresco y peso seco de la raíz.

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|----------------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO FRESCO DE RAIZ | Sustrato | 1 | 16.5440 | 0.0001 ** | 9.45 |
| | Biofertilizante líquido | 1 | 0.1474 | 0.3304 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 1 | 0.0990 | 0.4188 ns | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

| VARIABLE | F. de v. | G.L. | CUADRADO | | |
|--------------------------|----------------------------|------|----------|-----------|-------|
| | | | MEDIO | Pr >F | C. V. |
| PESO SECO DE RAIZ | Sustrato | 1 | 0.0030 | 0.0224 * | 5.45 |
| | Biofertilizante líquido | 1 | 0.00001 | 0.8775 ns | |
| | Sustrato x Biofertilizante | 1 | 0.0037 | 0.0149 ** | |

Nota: ** = es significativo al 1%, * = significativo 5%, ns= no es significativo

Anexo 15.

Valores promedios de peso fresco y peso seco (gr) según tratamientos en plántulas de tomate, para experimento No.1 y experimento No.2.

| Experimento No.1 Residuos de caña | | | | | Experimento No.2 Residuos de arroz y gallinaza | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|--|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Biomasa foliar | | | Biomasa raíz | | Biomasa foliar | | | Biomasa raíz | |
| Tratamientos | Peso fresco (g) | Peso seco (g) | Peso fresco (g) | Peso seco (g) | Tratamientos | Peso fresco (g) | Peso seco (g) | Peso fresco (g) | Peso seco (g) |
| TC1 | 1.5910 EF | 0.5288 FG | 1.1313 BC | 0.2914 EF | TAG1 | 3.1416 EFGH | 0.9143EFGHI | 2.1383 BCD | 0.5759 CDEF |
| TC2 | 1.5502 EF | 0.5322 FG | 0.9528 BC | 0.2641 F | TAG2 | 3.1059 EFGH | 0.9509DEFGH | 2.1088 BCD | 0.5995 BCDEF |
| TC3 | 1.6672 DEF | 0.5564 FG | 1.1000 BC | 0.3084 EF | TAG3 | 3.3915CDEFG | 0.9777DEFGH | 2.1618 BCD | 0.5796 CDEF |
| TC4 | 1.5526 EF | 0.5192 G | 1.0314 BC | 0.2813 F | TAG4 | 3.1852 DEFG | 0.9125 EFGHI | 2.3273 ABCD | 0.5943 BCDEF |
| TC5 | 1.5514 EF | 0.5289 FG | 0.9776 BC | 0.2580 F | TAG5 | 3.0989 EFGH | 0.9098 EFGHI | 2.0853 BCDE | 0.5636 DEF |
| TC6 | 1.5664 EF | 0.5412 FG | 0.9357 C | 0.2879 EF | TAG6 | 3.3991CDEFG | 1.0133DEFGH | 2.1439 BCD | 0.6222 BCDEF |
| TC7 | 1.5049 F | 0.5444 FG | 0.9124 C | 0.3025 EF | TAG7 | 3.4694CDEFG | 0.9938DEFGH | 2.1462 BCD | 0.59014BCDEF |
| TC8 | 1.6095 EF | 0.5474 FG | 1.0366 BC | 0.2818 F | TAG8 | 3.3040 DEFG | 0.9602DEFGH | 2.2301 BCD | 0.5996 BCDEF |
| TC9 | 1.6911 DEF | 0.5744 EFG | 0.9432 BC | 0.2817 F | TAG9 | 3.3566 DEFG | 0.9704DEFGH | 2.1617 BCD | 0.5923 BCDEF |
| TC10 | 1.7074 DEF | 0.5736 EFG | 1.0658 BC | 0.3124 EF | TAG10 | 3.4955CDEFG | 0.9850DEFGH | 2.2291 BCD | 0.5819 DEF |
| TC11 | 1.5728 EF | 0.5318 FG | 1.0869 BC | 0.2990 EF | TAG11 | 3.0384 EFGH | 0.8567 FGHIJ | 2.0184 BCDE | 0.5281 EFG |
| TC12 | 1.5403 EF | 0.5288 FG | 1.0288 BC | 0.2919 EF | TAG12 | 2.6533 GHJ | 0.7875 HIJK | 1.8941 DEFG | 0.5086 FGH |
| TC13 | 1.4719 F | 0.5129 G | 0.9188 C | 0.2817 F | TAG13 | 3.1183 EFGH | 0.9140 EFGHI | 2.3144 ABCD | 0.5779 CDEF |
| TC14 | 1.5394 EF | 0.5227 G | 1.0785 BC | 0.2768 F | TAG14 | 2.8977 EFGHI | 0.8251 GHIJK | 2.0928 BCDE | 0.5318 EFG |
| TC15 | 1.6562 DEF | 0.5533 FG | 1.1504 BC | 0.2971 EF | TAG15 | 2.8459 FGHI | 0.8176 GHIJK | 1.9671 CDEF | 0.5121 EFGH |
| TC16 | 1.6078 EF | 0.5412 FG | 0.9808 BC | 0.2804 F | TAG16 | 4.0990 ABCD | 1.1739BCD | 2.3493 ABCD | 0.6701 ABCD |
| TC17 | 1.5643 EF | 0.5281 FG | 0.9375 C | 0.2552 F | TAG17 | 3.4746CDEFG | 1.0182DEFGH | 2.2539 BCD | 0.7023 ABC |
| TC18 | 1.5365 EF | 0.5227 G | 1.0365 BC | 0.3227 DEF | TAG18 | 3.8542 BCDE | 1.1009 CDE | 2.1348 BCD | 0.5997 BCDEF |
| TC19 | 1.5651 EF | 0.5323 FG | 1.0383 BC | 0.2936 EF | TAG19 | 3.6828 CDEF | 1.0407 DEFG | 2.4544 ABC | 0.6291ABCDEF |
| TC20 | 1.6041 EF | 0.5323 FG | 1.1211 BC | 0.3209 DEF | TAG20 | 3.7873BCDEF | 1.0337 DEFG | 2.5648 AB | 0.6216 BCDEF |
| TC21 | 3.8152 B | 1.1405 C | 2.3565 A | 0.6637 AB | TAG21 | 4.6160 AB | 1.2860 ABC | 2.8265 A | 0.7196 AB |
| TC22 | 4.881 A | 1.3615 AB | 2.2052 A | 0.6106 AB | TAG22 | 4.3026 ABC | 1.2599 ABC | 2.3813ABCD | 0.6975 ABCD |
| TC23 | 4.2012 B | 1.2312 BC | 2.2533 A | 0.6060 B | TAG23 | 3.8544 BCDE | 1.0893 CDEF | 2.5331 AB | 0.6478 ABCDE |
| TC24 | 4.0092 B | 1.0470 C | 2.1444 A | 0.5904 B | TAG24 | 4.8974 A | 1.3653 AB | 2.5638 AB | 0.7572 A |
| TC25 | 5.0098 A | 1.4908 A | 2.5714 A | 0.7112 A | TAG25 | 4.8946 A | 1.4237 A | 2.2760 BCD | 0.7098 ABC |

Continuación anexo 15...

| Tratamientos | Peso fresco (g) | Peso seco (g) | Peso fresco (g) | Peso seco (g) | Tratamientos | Peso fresco (g) | Peso seco (g) | Peso fresco (g) | Peso seco (g) |
|--------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| TC26 | 2.5971 C | 0.8497 D | 1.4155 B | 0.4727 C | TAG26 | 1.7230 K | 0.5323 L | 1.2630 H | 0.3309 I |
| TC27 | 2.2007 CDEF | 0.6999DEFG | 1.1236 BC | 0.3690CDEF | TAG27 | 1.8930 JK | 0.6199 KL | 1.4180 GH | 0.4077 GHI |
| TC28 | 2.2949 CDE | 0.7490 DEF | 1.2106 BC | 0.4023 CDE | TAG28 | 2.2185HIJK | 0.6671 JKL | 1.4733 FGH | 0.3893 HI |
| TC29 | 2.0560 CDEF | 0.7126DEFG | 1.1676 BC | 0.3581 DEF | TAG29 | 2.1236 IJK | 0.6993 IJKL | 1.5794 EFGH | 0.4233 GHI |
| TC30 | 2.3683 CD | 0.7784 DE | 1.3770 BC | 0.4289 CD | TAG30 | 1.8722 JK | 0.6179 KL | 1.3502 H | 0.3670 I |

Anexo 16

Costo de producción del abono orgánico de residuos de caña con EM

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo/Abono org. |
|---------------------------|------------|----------|--------------|-------------|------------------|
| Bagazo | Lb | 90 | 0.00125 | 0.1125 | 0.11 |
| Cachaza | Lb | 60 | 0.002 | 0.12 | 0.12 |
| Melaza de caña | CC | 250 | 0.0002 | 0.05 | 0.05 |
| EM | CC | 250 | 0.006 | 1.50 | 1.50 |
| Bolsas plásticas | Unidad | 6 | 0.35 | 2.09 | 2.09 |
| Mano de obra | hrs/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Sub total | | | | | 5.37 |
| Tanque plástico de 55 gal | Unidad | 2 | 15.00 | 0.23 | 0.23 |
| Tanque plástico de 5 gal | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Hilo pabilo | Unidad | 1 | 1.90 | 1.90 | 0.48 |
| Regadera manual | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Sub total | | | | | 1.00 |
| TOTAL | | | | | 6.37 |

Herramientas vida útil = 5 años

Período de elaboración = 14 días

| | |
|---|-------|
| Producción de 1.5 quintales incluyendo herramientas | 6.37 |
| Producción de 1.0 quintales incluyendo herramientas | 4.25 |
| costo por libra incluyendo herramientas | 0.042 |
| costo de 1.5 quintal solo de insumos | 5.37 |
| costo de 1.0 quintal solo de insumos | 3.58 |
| costo de 1 libra solo de insumos | 0.036 |

Anexo 17

Costo de producción del abono orgánico con residuos de caña Sin EM

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo/Abono org. |
|---------------------------|-----------|----------|--------------|-------------|------------------|
| Bagazo | Lb | 90 | 0.00125 | 0.1125 | 0.11 |
| Cachaza | Lb | 60 | 0.002 | 0.12 | 0.12 |
| Melaza de caña | CC | 250 | 0.0002 | 0.05 | 0.05 |
| Bolsas plásticas | Unidad | 6 | 0.35 | 2.09 | 2.09 |
| Mano de obra | hr/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| subtotal | | | | | 3.87 |
| Tanque plástico de 55 gal | Unidad | 2 | 15.00 | 0.23 | 0.23 |
| Tanque plástico de 5 gal | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Hilo pabilo | Unidad | 1 | 1.90 | 1.90 | 0.48 |
| Regadera manual | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| | | | | | 1.00 |
| TOTAL | | | | | 4.87 |

Herramientas vida útil = 5 años

Período de elaboración = 14 días

| | |
|---|-------|
| Producción de 1.5 quintales incluyendo herramientas | 4.87 |
| Producción de 1.0 quintales incluyendo herramientas | 3.25 |
| Costo por libra incluyendo herramientas | 0.032 |
| Costo de 1.5 quintal solo de insumos | 3.87 |
| Costo de 1.0 quintal solo de insumos | 2.58 |
| Costo de 1 libra solo de insumos | 0.026 |

Anexo 18.

Costo de producción del abono orgánico con residuos de arroz y gallinaza con EM

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo/Abono org. |
|---------------------------|-----------|----------|--------------|-------------|------------------|
| Gallinaza | Lb | 50 | 0.01 | 0.50 | 0.50 |
| Pulidura de arroz | Lb | 50 | 0.06 | 3.00 | 3.00 |
| Cascarilla de arroz | Lb | 50 | 0.001 | 0.05 | 0.05 |
| Melaza de caña | CC | 375 | 0.0002 | 0.08 | 0.08 |
| EM | CC | 375 | 0.01 | 2.25 | 2.25 |
| Bolsas plásticas | Unidad | 6 | 0.35 | 2.09 | 2.09 |
| Mano de obra | hr/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 9.47 |
| Tanque plástico de 55 gal | Unidad | 2 | 15.00 | 0.23 | 0.23 |
| Tanque plástico de 5 gal | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Hilo pabilo | Unidad | 1 | 1.90 | 1.90 | 0.48 |
| Regadera manual | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Subtotal | | | | | 1.00 |
| TOTAL | | | | | 10.47 |

Herramientas vida útil = 5 años
 Período de elaboración = 14 días

| | |
|---|-------|
| Producción de 1.5 quintales incluyendo herramientas | 10.47 |
| Producción de 1.0 quintales incluyendo herramientas | 6.98 |
| costo por libra incluyendo herramientas | 0.070 |
| costo de 1.5 quintal solo de insumos | 9.47 |
| costo de 1.0 quintal solo de insumos | 6.31 |
| costo de 1 libra solo de insumos | 0.063 |

Anexo 19.

Costo de producción del abono orgánico con residuos de arroz y gallinaza sin EM

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo/Abono org. |
|-----------------------------|-----------|----------|--------------|-------------|------------------|
| Gallinaza | Lb | 50 | 0.01 | 0.50 | 0.50 |
| Pulidura de arroz | Lb | 50 | 0.06 | 3.00 | 3.00 |
| cascarilla de arroz | Lb | 50 | 0.001 | 0.05 | 0.05 |
| Melaza de caña | CC | 375 | 0.0002 | 0.08 | 0.08 |
| Bolsas plásticas | Unidad | 6 | 0.35 | 2.09 | 2.09 |
| Mano de obra | hr/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 7.22 |
| Tanque plástico de 55 gal | Unidad | 2 | 15.00 | 0.23 | 0.23 |
| Tanque plástico de 5 gal | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Hilo pabilo | Unidad | 1 | 1.90 | 1.90 | 0.48 |
| Regadera manual | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Subtotal herramienta | | | | | 1.00 |
| TOTAL | | | | | 8.22 |

Herramientas vida útil = 5 años
 Período de elaboración = 14 días

| | |
|---|-------|
| Producción de 1.5 quintales incluyendo herramientas | 8.22 |
| Producción de 1.0 quintales incluyendo herramientas | 5.48 |
| costo por libra incluyendo herramientas | 0.055 |
| costo de 1.5 quintal solo de insumos | 7.22 |
| costo de 1.0 quintal solo de insumos | 4.81 |
| costo de 1 libra solo de insumos | 0.048 |

Anexo 20. Costos US\$ de sustratos con residuos de caña con EM

Sustrato con residuos de caña - proporción 15:85 con EM▲

Cantidad de sustrato=2.5 qq

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo real/sustrato |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| Abono 1 | Lb | 37.5 | 0.036 | 1.35 | 1.35 |
| Carbón vegetal | Lb | 62.5 | 0.04 | 2.50 | 2.50 |
| Suelo | Lb | 212.5 | 0.01 | 2.13 | 2.13 |
| Sulfato de magnesio | gr | 5.3 | 0.00042 | 0.0022 | 0.0022 |
| Cal agrícola | gr | 15.1 | 0.00006 | 0.0009 | 0.0009 |
| Melaza de caña | CC | 200 | 0.0002 | 0.04 | 0.04 |
| EM | CC | 200 | 0.01 | 1.20 | 1.20 |
| Mano de obra | Horas/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 8.72 |
| Regadera manual* | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada* | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Tanque plástico de 5 gal* | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Subtotal | | | | | 0.29 |
| TOTAL | | | | | 9.01 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Costo/qq con herramientas | 3.61 |
| Costo/libra con herramientas | 0.036 |
| Costo/qq sin herramientas | 3.49 |
| Costo/libra sin herramientas | 0.035 |
| Costo sustrato comercial/libra | 0.16 |

Sustrato con residuos de caña - proporción 30:70 con EM▲

Cantidad de sustrato= 2.5 qq

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo real/sustrato |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| Abono 1 | Lb | 75 | 0.04 | 2.70 | 2.70 |
| Carbón vegetal | Lb | 62.5 | 0.04 | 2.50 | 2.50 |
| Suelo | Lb | 175 | 0.01 | 1.75 | 1.75 |
| Sulfato de magnesio | gr | 5.3 | 0.00042 | 0.0022 | 0.0022 |
| Cal agrícola | gr | 15.1 | 0.00006 | 0.0009 | 0.0009 |
| Melaza de caña | CC | 200 | 0.0002 | 0.04 | 0.04 |
| EM | CC | 200 | 0.01 | 1.20 | 1.20 |
| Mano de obra | Horas/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 9.69 |
| Regadera manual* | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada* | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Tanque plástico de 5 gal* | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Subtotal | | | | | 0.29 |
| TOTAL | | | | | 9.98 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Costo/qq con herramientas | 3.99 |
| Costo/libra con herramientas | 0.039 |
| Costo/qq sin herramientas | 3.88 |
| Costo/libra sin herramientas | 0.038 |
| Costo sustrato comercial/libra | 0.16 |

*Herramientas vida útil = 5 años

▲Periodo de elaboración = 14 días

Anexo 21. Costos US\$ de sustratos con residuos de caña sin EM

Sustrato con residuos de caña - proporción 15:85 sin EM▲

Cantidad de sustrato = 2.5 qq

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo real/sustrato |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| Abono 1 | Lb | 37.5 | 0.026 | 0.98 | 0.98 |
| Carbón vegetal | Lb | 62.5 | 0.04 | 2.50 | 2.50 |
| Suelo | Lb | 212.5 | 0.01 | 2.13 | 2.13 |
| Sulfato de magnesio | gr | 5.3 | 0.00042 | 0.0022 | 0.0022 |
| Cal agrícola | gr | 15.1 | 0.00006 | 0.0009 | 0.0009 |
| Melaza de caña | CC | 200 | 0.0002 | 0.04 | 0.04 |
| Mano de obra | Horas/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 7.15 |
| Regadera manual* | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada* | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Tanque plástico de 5 gal* | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Subtotal | | | | | 0.29 |
| TOTAL | | | | | 7.44 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Costo/qq con herramientas | 2.98 |
| Costo/libra con herramientas | 0.030 |
| Costo/qq sin herramientas | 2.86 |
| Costo/libra sin herramientas | 0.029 |
| Costo sustrato comercial/libra | 0.16 |

Sustrato con residuos de caña - proporción 30:70 sin EM▲

Cantidad de sustrato = 2.5 qq

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo real/sustrato |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| Abono 1 | Lb | 75 | 0.026 | 1.95 | 1.95 |
| Carbón vegetal | Lb | 62.5 | 0.04 | 2.50 | 2.50 |
| Suelo | Lb | 175 | 0.01 | 1.75 | 1.75 |
| Sulfato de magnesio | gr | 5.3 | 0.00042 | 0.0022 | 0.0022 |
| Cal agrícola | gr | 15.1 | 0.00006 | 0.0009 | 0.0009 |
| Melaza de caña | CC | 200 | 0.0002 | 0.04 | 0.04 |
| Mano de obra | Horas/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 7.74 |
| Regadera manual* | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada* | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Tanque plástico de 5 gal* | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Subtotal | | | | | 0.29 |
| TOTAL | | | | | 8.03 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Costo/qq con herramientas | 3.21 |
| Costo/libra con herramientas | 0.032 |
| Costo/qq sin herramientas | 3.10 |
| Costo/libra sin herramientas | 0.031 |
| Costo sustrato comercial/libra | 0.16 |

*Herramientas vida útil = 5 años

▲Período de elaboración = 14 días

Anexo 22. Costos US\$ de sustratos con residuos de arroz y gallinaza con EM

Sustrato con residuos de arroz y gallinaza - proporción 15:85 con EM▲

Cantidad de sustrato = 2.5 qq

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo real/sustrato |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| Abono 2 | Lb | 37.5 | 0.063 | 2.36 | 2.36 |
| Carbón vegetal | Lb | 62.5 | 0.04 | 2.50 | 2.50 |
| Suelo | Lb | 212.5 | 0.01 | 2.13 | 2.13 |
| Melaza de caña | CC | 300 | 0.0002 | 0.06 | 0.06 |
| EM | CC | 300 | 0.006 | 1.80 | 1.80 |
| Mano de obra | Horas/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 10.35 |
| Regadera manual* | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada* | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Tanque plástico de 5 gal* | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Subtotal | | | | | 0.29 |
| TOTAL | | | | | 10.64 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Costo/qq con herramientas | 4.26 |
| Costo/libra con herramientas | 0.043 |
| Costo/qq sin herramientas | 4.14 |
| Costo/libra sin herramientas | 0.041 |
| Costo sustrato comercial/libra | 0.16 |

Cuadro No. Sustrato con residuos de arroz y gallinaza - proporción 30:70 con EM▲

Cantidad de sustrato = 2.5 qq

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo real/sustrato |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| Abono 2 | Lb | 75 | 0.063 | 4.73 | 4.73 |
| Carbón vegetal | Lb | 62.5 | 0.04 | 2.50 | 2.50 |
| Suelo | Lb | 175 | 0.01 | 1.75 | 1.75 |
| Melaza de caña | CC | 300 | 0.0002 | 0.06 | 0.06 |
| EM | CC | 300 | 0.006 | 1.80 | 1.80 |
| Mano de obra | Horas/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 12.34 |
| Regadera manual* | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada* | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Tanque plástico de 5 gal* | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Subtotal | | | | | 0.29 |
| TOTAL | | | | | 12.63 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Costo/qq con herramientas | 5.05 |
| Costo/libra con herramientas | 0.051 |
| Costo/qq sin herramientas | 4.94 |
| Costo/libra sin herramientas | 0.049 |
| Costo sustrato comercial/libra | 0.16 |

*Herramientas vida útil = 5 años

▲Período de elaboración = 14 días

Anexo 23. Costos US\$ de sustratos con residuos de arroz y gallinaza sin EM

Sustrato con residuos de arroz y gallinaza - proporción 15:85 sin EM▲

Cantidad de sustrato = 2.5 qq

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo real/sustrato |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| Abono 2 | Lb | 37.5 | 0.048 | 1.80 | 1.80 |
| Carbón vegetal | Lb | 62.5 | 0.04 | 2.50 | 2.50 |
| Suelo | Lb | 212.5 | 0.01 | 2.13 | 2.13 |
| Melaza de caña | CC | 300 | 0.0002 | 0.06 | 0.06 |
| Mano de obra | Horas/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 7.99 |
| Regadera manual* | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada* | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Tanque plástico de 5 gal* | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Subtotal | | | | | 0.29 |
| TOTAL | | | | | 8.28 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Costo/qq con herramientas | 3.31 |
| Costo/libra con herramientas | 0.033 |
| Costo/qq sin herramientas | 3.20 |
| Costo/libra sin herramientas | 0.032 |
| Costo sustrato comercial/libra | 0.16 |

Cuadro No. Sustrato con residuos de arroz y gallinaza - proporción 30:70 sin EM▲

Cantidad de sustrato = 2.5 qq

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo real/sustrato |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| Abono 2 | Lb | 75 | 0.048 | 3.60 | 3.60 |
| Carbón vegetal | Lb | 62.5 | 0.04 | 2.50 | 2.50 |
| Suelo | Lb | 175 | 0.01 | 1.75 | 1.75 |
| Melaza de caña | CC | 300 | 0.0002 | 0.06 | 0.06 |
| Mano de obra | Horas/hombre | 2 | 0.75 | 1.50 | 1.50 |
| Subtotal | | | | | 9.41 |
| Regadera manual* | Unidad | 1 | 19.27 | 0.15 | 0.15 |
| Pala cuadrada* | Unidad | 2 | 7.23 | 0.11 | 0.11 |
| Tanque plástico de 5 gal* | Unidad | 2 | 2.00 | 0.03 | 0.03 |
| Subtotal | | | | | 0.29 |
| TOTAL | | | | | 9.70 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Costo/qq con herramientas | 3.88 |
| Costo/libra con herramientas | 0.039 |
| Costo/qq sin herramientas | 3.76 |
| Costo/libra sin herramientas | 0.038 |
| Costo sustrato comercial/libra | 0.16 |

*Herramientas vida útil = 5 años

▲Período de elaboración = 14 días

Anexo 24.

Cuadro comparativo del costo de abonos y sustratos orgánicos elaborados a distintas proporciones de mezclas e ingredientes para los experimentos evaluados

| Abonos y sustratos | costos incluyendo herramientas | | | | costos sin herramientas | | | |
|--|--------------------------------|-------------|-------------|---------|-------------------------|-------------|-------------|---------|
| | 2.5 quintal | 1.5 quintal | 1.0 quintal | 1 libra | 2.5 quintal | 1.5 quintal | 1.0 quintal | 1 libra |
| Abono con EM caña | | 6.37 | 4.25 | 0.042 | | 5.37 | 3.58 | 0.036 |
| Abono sin EM caña | | 4.87 | 3.25 | 0.032 | | 3.87 | 2.58 | 0.026 |
| Abono con EM arroz | | 10.47 | 6.98 | 0.070 | | 9.47 | 6.31 | 0.063 |
| Abono sin EM arroz | | 8.22 | 5.48 | 0.055 | | 7.22 | 4.81 | 0.048 |
| Sustrato Residuos de caña | | | | | | | | |
| sustrato con EM 15:85 | 9.01 | | 3.60 | 0.036 | 8.72 | | 3.49 | 0.035 |
| sustrato con EM 30:70 | 9.98 | | 3.99 | 0.039 | 9.69 | | 3.88 | 0.038 |
| sustrato sin EM 15:85 | 7.44 | | 2.98 | 0.029 | 7.15 | | 2.86 | 0.028 |
| sustrato sin EM 30:70 | 8.03 | | 3.21 | 0.032 | 7.74 | | 3.10 | 0.031 |
| suelo | 2.50 | | 1.00 | 0.01 | 2.50 | | 1.00 | 0.01 |
| comercial | 40.00 | | 16.00 | 0.16 | 40.00 | | 16.00 | 0.16 |
| Sustrato Residuos de arroz y gallinaza | | | | | | | | |
| sustrato con EM 15:85 | 10.64 | | 4.26 | 0.042 | 10.35 | | 4.14 | 0.041 |
| sustrato con EM 30:70 | 12.62 | | 5.05 | 0.050 | 12.33 | | 4.93 | 0.049 |
| sustrato sin EM 15:85 | 8.28 | | 3.31 | 0.033 | 7.99 | | 3.20 | 0.032 |
| sustrato sin EM 30:70 | | | 3.88 | 0.038 | 9.41 | | 3.76 | 0.037 |
| suelo | 2.50 | | 1.00 | 0.01 | 2.50 | | 1.00 | 0.01 |
| comercial | 40.00 | | 16.00 | 0.16 | 40.00 | | 16.00 | 0.16 |

Anexo 25.

Costo US\$ de producción del biofertilizante líquido a base de abono orgánico de residuos de caña con y sin EM

Biofertilizante con EM

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo/biofertilizante |
|-----------------------|--------------|----------|--------------|-------------|-----------------------|
| Abono con EM | gr | 300 | 0.00008 | 0.024 | 0.024 |
| Tanque plástico 5 gal | Unidad | 1 | 2.00 | 0.003 | 0.003 |
| Coladera desechable | Unidad | 1 | 0.57 | 0.57 | 0.57 |
| Mano de obra | horas/hombre | 1 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| TOTAL US\$ | | | | | 1.35 |

| | | | | | |
|-------------------|----|-----|---------|--------|---------|
| Costo / 10 litros | | | | | 1.35 |
| Costo /litro | | | | | 0.14 |
| Costo/cc | | | | | 0.00014 |
| Costo/ensayo | cc | 360 | 0.00014 | 0.0504 | 0.05 |
| Costo/LB Abono | | | | | 0.036 |

Costo en US\$ de biofertilizante por plántula en concentración 1:10 = 0.000004 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante para una 1 hectárea(33,333 plántulas)* en concentración 1:10=0.13 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante por plántula en concentración 1:50 = 0.0000008 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante para una 1 hectárea(33,333 plántulas)* en concentración 1:50=0.03 US\$

Biofertilizante sin EM

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo/biofertilizante |
|-----------------------|--------------|----------|--------------|-------------|-----------------------|
| Abono sin EM | gr | 300 | 0.00006 | 0.018 | 0.018 |
| Tanque plástico 5 gal | Unidad | 1 | 2.00 | 0.003 | 0.003 |
| Coladera desechable | Unidad | 1 | 0.57 | 0.57 | 0.57 |
| Mano de obra | horas/hombre | 1 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| TOTAL US\$ | | | | | 1.34 |

| | | | | | |
|-------------------|----|-----|---------|--------|---------|
| Costo / 10 litros | | | | | 1.34 |
| Costo /litro | | | | | 0.13 |
| Costo/cc | | | | | 0.00013 |
| Costo/ensayo | cc | 360 | 0.00013 | 0.0468 | 0.05 |
| Costo/LB Abono | | | | | 0.026 |

Costo en US\$ de biofertilizante por plántula en concentración 1:10 = 0.000004 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante para una 1 hectárea(33,333 plántulas)* en concentración 1:10=0.13 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante por plántula en concentración 1:50 = 0.0000008 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante para una 1 hectárea(33,333 plántulas)* en concentración 1:50=0.03 US\$

Nota: el costo de los siguientes materiales: tanque plástico de 5galones y coladera, se estimo sólo para la elaboración del biofertilizante tomando en cuenta su vida útil

* Densidad de plántulas para 1 hectárea de tomate industrial (MIDA 2000)

Anexo 26

Costo US\$ de producción del biofertilizante líquido a base de abono orgánico de residuos de arroz y gallinaza con EM y sin EM

Biofertilizante con EM

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo /biofertilizante |
|--------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|------------------------|
| Abono con EM | gr | 300 | 0.00014 | 0.04 | 0.04 |
| Tanque plástico de 5 gal | Unidad | 1 | 2.00 | 0.006 | 0.003 |
| Coladera desechable | Unidad | 1 | 0.57 | 0.57 | 0.57 |
| Mano de obra | horas/hombre | 1 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| TOTAL US\$ | | | | | 1.363 |

| | | | | | |
|-------------------|----|-----|---------|------|---------|
| Costo / 10 litros | | | | | 1.36 |
| Costo /litro | | | | | 0.136 |
| Costo/cc | | | | | 0.00014 |
| Costo/ensayo | cc | 360 | 0.00014 | 0.05 | 0.05 |
| Costo/LB Abono | | | | | 0.0630 |

Costo en US\$ de biofertilizante por plantula en concentración 1:10 = 0.000004 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante para una 1 hectárea(33,333 plántulas)* en concentración 1:10=0.13 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante por plántula en concentración 1:50 = 0.0000008 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante para una 1 hectárea(33,333 plántulas)* en concentración 1:50=0.03 US\$

Biofertilizante sin EM

| Insumo | Unidad | Cantidad | Costo/Unidad | Costo Total | Costo/biofertilizante |
|--------------------------|--------------|----------|--------------|-------------|-----------------------|
| Abono sin EM | gr | 300 | 0.00011 | 0.033 | 0.033 |
| Tanque plástico de 5 gal | Unidad | 1 | 2.00 | 0.006 | 0.003 |
| Coladera desechable | Unidad | 1 | 0.57 | 0.57 | 0.57 |
| Mano de obra | horas/hombre | 1 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| TOTAL US\$ | | | | | 1.356 |

| | | | | | |
|-------------------|----|-----|---------|------|---------|
| Costo / 10 litros | | | | | 1.36 |
| Costo /litro | | | | | 0.14 |
| Costo/cc | | | | | 0.00014 |
| Costo/ensayo | cc | 360 | 0.00014 | 0.05 | 0.05 |
| Costo/LB Abono | | | | | 0.048 |

Costo en US\$ de biofertilizante por plantula en concentración 1:10 = 0.000004 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante para una 1 hectárea(33,333 plántulas)* en concentración 1:10=0.13 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante por plántula en concentración 1:50 = 0.0000008 US\$

Costo en US\$ de biofertilizante para una 1 hectárea(33,333 plántulas)* en concentración 1:50=0.03 US\$

Nota: el costo de los siguientes materiales: tanque plástico de 5galones y coladera, se estimo sólo para la elaboración del biofertilizante tomando en cuenta su vida útil

* Densidad de plántulas para 1 hectárea de tomate industrial (MIDA 2000)

Anexo 27.

Costo en US\$ de plántulas para cultivar una hectárea de tomate

| Tipo de sustrato | Costo-Alveolo | Costo-Semilla | Costo-Biofertilizante | Costo-Mano de Obra | Total Costo/Plántula | Total costo/ha* |
|---|---------------|---------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
| Sustrato con residuos de caña | | | | | | |
| Sustrato con EM 15:85 - Caña | 0.0020 | 0.0005 | 0.0000028 | 0.002 | 0.0045 | 150.00 |
| Sustrato con EM 30:70 - Caña | 0.0021 | 0.0005 | 0.0000028 | 0.002 | 0.0046 | 153.33 |
| Sustrato sin EM 15:85 - Caña | 0.0016 | 0.0005 | 0.0000026 | 0.002 | 0.0041 | 136.67 |
| Sustrato sin EM 30:70 - Caña | 0.0017 | 0.0005 | 0.0000026 | 0.002 | 0.0042 | 140.00 |
| Sustrato Comercial | 0.0088 | 0.0005 | 0.0000027 | 0.002 | 0.0113 | 376.66 |
| | | | | | | |
| Sustrato con resid. de arroz y gallinaza | | | | | | |
| Sustrato con EM 15:85 - Arroz | 0.0023 | 0.0005 | 0.0000003 | 0.002 | 0.0048 | 160.00 |
| Sustrato con EM 30:70 - Arroz | 0.0027 | 0.0005 | 0.0000003 | 0.002 | 0.0052 | 173.33 |
| Sustrato sin EM 15:85 - Arroz | 0.0018 | 0.0005 | 0.0000003 | 0.002 | 0.0043 | 143.32 |
| Sustrato sin EM 30:70 - Arroz | 0.0021 | 0.0005 | 0.0000003 | 0.002 | 0.0046 | 153.33 |
| Sustrato Comercial | 0.0088 | 0.0005 | 0.0000003 | 0.002 | 0.0113 | 376.66 |

* Para estimar el costo por hectárea, se consideró una densidad de plántulas de 33,333 unidades (MIDA 2000).