

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Carrera de: INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS EN TUBETES, PARA
EL ENRAIZAMIENTO DE TOCÓN DE PLÁNTULAS DE HULE (*Hevea brasiliensis*),
FINCA LA CUCHILLA, PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA 2015.**

GERBER EDUARDO CÁCERES URIZAR
Carnet: 200830384

QUETZALTENANGO, JULIO DE 2015.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMIA**

**EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS EN TUBETES, PARA
EL ENRAIZAMIENTO DE TOCÓN DE PLÁNTULAS DE HULE (*Hevea brasiliensis*),
FINCA LA CUCHILLA, PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA 2015.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Presentado a autoridades de la División de Ciencia y Tecnología
Del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de
San Carlos de Guatemala.**

POR:

GERBER EDUARDO CÁCERES URIZAR

Previo a conferírsele el título de:

**INGENIERO AGRONOMO
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRICOLA**

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Quetzaltenango, noviembre de 2015.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

AUTORIDADES

Rector Magnífico: Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo.
Secretario General: Dr. Carlos Enrique Camey

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General del CUNOC: Licda. María del Rosario Paz C.
Secretaria Administrativa: MSc. Silvia Del Carmen Recinos C.

REPRESENTANTES DE LOS CATEDRATICOS

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.
Ing. Edelman Monzón

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

EXAMINADORES

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

Ms.Sc. Eduardo Rafael Vital Peralta

Ing. Agr. Jorge Luis Rodríguez Pérez

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación “. (Artículo 31 del reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente y Artículo 13 de la ley Orgánica de La Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, noviembre de 2015

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACIÓN Y JURAMENTACIÓN

De manera muy atenta y de acuerdo con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del reglamento General de Evaluación y promoción del estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del normativo de Evaluación y promoción del Estudiante del Centro Universitario de Occidente: tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS EN TUBETES, PARA EL ENRAIZAMIENTO DE TOCÓN DE PLÁNTULAS DE HULE (*Hevea brasiliensis*), FINCA LA CUCHILLA, PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA 2015.

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente con muestras de respeto y admiración.

Gerber Eduardo Cáceres Urizar.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología

Quetzaltenango, 17 de Agosto de 2015.

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente -CUNOC-
Edificio.

Estimado Licenciado Méndez.


Por este medio manifiesto a usted que he finalizado la asesoría de tesis de la estudiante **GERBER EDUARDO CÁCERES URIZAR**, la cual se titula

EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS EN TUBETES, PARA EL ENRAIZAMIENTO DE TOCÓN DE PLÁNTULAS DE HULE (*Hevea brasiliensis*), FINCA LA CUCHILLA, PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA 2015.

Me permito informarle que he concluido la asesoría del trabajo en mención y considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Universidad, por la División de Ciencia y Tecnología y por la carrera de Ingeniero Agrónomo en sistemas de Producción Agrícola, del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que recomiendo su publicación.

Deferentemente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Dr. Willian Erik de León Cifuentes.
Colegiado 1729
ASESOR



CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
Oficio 01/DICYT/2015
Quetzaltenango 14 de octubre de 2015

Lic. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.
Director de la División de Ciencia y Tecnología
Presente.

Lic. Méndez:

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que, en atención al Oficio No. 118/SDCyT/2015 en el que fui nombrado para revisar el trabajo de graduación del estudiante **GERBER EDUARDO CÁCERES URÍZAR**, he concluido con dicha revisión.

Con respecto a este trabajo, denominado: **"EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS EN TUBETES, PARA EL ENRAIZAMIENTO DE TOCÓN DE PLÁNTULAS DE HULE (*Hevea brasiliensis*), FINCA LA CUCHILLA, PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA 2015"** me permito indicar que constituye un importante aporte para los productores de hule de exportación y el ponente ha cumplido con los objetivos propuestos y con los requisitos de este tipo de trabajo, por lo que emito **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los pasos pertinentes previos a su graduación como Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado de Licenciado.

Sin otro asunto sobre el particular, me suscribo atentamente.


Ms.Sc. Eduardo Rafael Vital Peralta

REVISOR

Colegiado 1735.





Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 016-AGR-2015 de fecha tres de noviembre del año dos mil quince del (la) estudiante: GERBER EDUARDO CÁCERES URIZAR

con Carné No 200830384 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS EN TUBETES, PARA EL ENRAIZAMIENTO DE TOCON DE PLÁNTULAS DE HULE (Hevea brasiliensis), FINCA LA CUCHILLA, PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA 2015 .”**

Quetzaltenango, 03 de noviembre de 2015.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología



ACTO QUE DEDICO.

A DIOS

Por la vida y la salud, mi roca fuerte y refugio, por sobre todo ser mi mayor fuente de sabiduría, inspiración y luz en mi camino.

A MIS ABUELOS

Benedicto Cáceres Letona (Q.E.P.D.) Esperanza Ara Galindo (Q.E.P.D.)

José Urizar Morales (Q.E.P.D.) Trinidad Batres Batres (Q.E.P.D.)

Siempre los recordare.

A MIS PADRES

Edwin Adolfo Cáceres Ara

Hitalia Urizar Batres

Por el apoyo y esfuerzo brindado de toda una vida que hoy se ve reflejado en un logro el cual les dedico con mucho cariño.

A MIS HERMANOS

Edwin Roberto Cáceres Urizar

Brayan David Cáceres Urizar

Con mucho cariño y por ser dos personas importantes en mi vida.

A MIS SOBRINOS

Alejandra Mabel Cáceres Cano

Eduardo David Cáceres Cano

Paula Isabela Cáceres De León

Edgar Adolfo Cáceres Figueroa

Por llenar mi vida de alegrías.

A MI FAMILIA EN GENERAL

Por su cariño, apoyo y aprecio.

A MIS COMPAÑEROS

Por haber compartido en todo momento, especialmente a:

Laura Castillo, Miguel Villatoro, Arnoldo Castillo,

Luis Cruz, Gustavo Diemek, Eduardo Mérida,

Pedro Joachin, Oscar Alvarado, Luis Xiap

Por ser más que amigos unos hermanos.

Muchas gracias.

AGRADECIMIENTO

- A:** Todos los catedráticos de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de Occidente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por tan bella y digna labor de transmitir sus conocimientos.
- A:** Ingenio Magdalena, por su apoyo y complemento a mi formación profesional, por dar la oportunidad a estudiantes de involucrarse en tan digna empresa y ser coautores en el proceso productivo del cultivo de hule.
- A:** Ing. Agr. Álvaro Mérida, Elder Omar Pérez por su valiosa experiencia de campo y el apoyo brindado para poder realizar esta investigación.
- A:** Dr. Willan Erik de León Cifuentes, por asesorar profesionalmente esta investigación.
- A:** Ms.Sc. Eduardo Rafael Vital Peralta, por sus valiosos aportes y sugerencias en la revisión final de la investigación.
- A:** Todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de la presente investigación.

Título

**EVALUACIÓN DE CUATRO MEZCLAS DE SUSTRATOS EN TUBETES, PARA
EL ENRAIZAMIENTO DE TOCÓN DE PLÁNTULAS DE HULE (*Hevea brasiliensis*),
FINCA LA CUCHILLA, PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA 2015.**

ÍNDICE

| | Página |
|--|------------|
| ÍNDICE DE CUADROS | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | v |
| ACRÓNIMOS | vii |
| RESUMEN | 1 |
| SUMMARY | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1 OBJETIVOS | 4 |
| 1.1.1 General | 4 |
| 1.1.2 Específicos | 4 |
| 1.2 HIPÓTESIS | 5 |
| 1.2.1 Nula | 5 |
| 1.2.2 Alternativa | 5 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1 Situación actual del hule | 6 |
| 2.2 Descripción botánica del hule | 7 |
| 2.3 Morfología y crecimiento | 8 |
| 2.3.1 Sistema radicular | 8 |
| 2.3.2 Sistema aéreo | 8 |
| 2.4 Ecología del cultivo | 9 |
| 2.5 Sustratos | 9 |
| 2.5.1 Propiedades de los sustratos | 10 |
| 2.5.2 Propiedades físicas de los sustratos | 11 |
| 2.5.3 Propiedades químicas del sustrato | 13 |
| 2.5.4 Materiales utilizados como sustratos | 14 |
| 2.5.5 Según el origen de los materiales | 14 |
| 2.6 Almacigos | 15 |
| 2.6.1 Producción de tocones injertados al suelo para trasplantar a tubetes | 15 |
| 2.6.2 Siembra y selección del tocón | 16 |
| 2.7 Tubetes | 17 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 18 |
| 3.1 Ubicación y área de estudio | 18 |
| 3.1.1 Finca La Cuchilla | 18 |
| 3.1.2 Datos generales | 18 |
| 3.1.3 Zona de vida: Según Holdrige | 18 |
| 3.2 Metodología | 18 |
| 3.2.1 Descripción de la investigación | 18 |
| 3.2.2 Diseño experimental | 18 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.2.3 | Modelo estadístico | 19 |
| 3.2.4 | Descripción de los tratamientos | 19 |
| 3.2.4.1 | Descripción de los materiales para la elaboración de las mezclas: ... | 19 |
| 3.2.5 | Croquis del ensayo de campo | 20 |
| 3.2.6 | Unidad experimental | 20 |
| 3.2.7 | Variables de respuesta | 21 |
| 3.2.7.1 | Diámetro del tallo | 21 |
| 3.2.7.2 | Altura de planta | 21 |
| 3.2.7.3 | Peso seco aéreo | 21 |
| 3.2.7.4 | Peso seco radicular | 21 |
| 3.2.7.5 | Análisis económico | 22 |
| 3.2.8 | Manejo agronómico de la evaluación | 22 |
| 3.2.8.1 | Armado de la estructura | 22 |
| 3.2.8.2 | Arranque de tocón | 22 |
| 3.2.8.3 | Llenado de tubetes | 22 |
| 3.2.8.4 | Clasificación de tocón | 22 |
| 3.2.8.5 | Siembra tocón | 22 |
| 3.2.8.6 | Riegos | 22 |
| 3.2.8.7 | Fertilización | 23 |
| 3.2.8.9 | Aplicación de fungicidas | 23 |
| 3.2.8.10 | Aplicación de insecticidas | 23 |
| 3.2.8.11 | Control de malezas | 23 |
| 3.2.9 | Análisis estadístico de la información | 23 |
| 3.2.9.1 | Análisis de varianza | 23 |
| 3.2.9.2 | Análisis de medias | 23 |
| 3.2.9.3 | Análisis económico | 24 |
| 4. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 25 |
| 4.1 | Diámetro del tallo | 26 |
| 4.2 | Altura de planta | 28 |
| 4.3 | Peso seco aéreo | 31 |
| 4.4 | Peso seco radicular | 33 |
| 4.5 | Análisis económico | 36 |
| 5. | CONCLUSIONES | 39 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 40 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA | 41 |
| 8. | ANEXOS | 44 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | CONTENIDO | PÁGINA |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Dimensiones del área total de la investigación | 20 |
| 2 | Dimensiones de la unidad experimental, parcela neta y parcela bruta | 21 |
| 3 | Análisis físico-químico de los sustratos evaluados en la producción de plántulas de hule | 25 |
| 4 | Promedio del diámetro del tallo de plántulas de hule en milímetros | 26 |
| 5 | Análisis de varianza para la respuesta diámetro del tallo de plántulas de hule en milímetros | 27 |
| 6 | Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la variable de respuesta diámetro del tallo de plántulas de hule en milímetros | 27 |
| 7 | Promedio de altura de tallo de plántulas de hule en centímetros | 28 |
| 8 | Análisis de varianza para la respuesta altura de tallo de plántulas de hule en centímetros | 29 |
| 9 | Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la variable de respuesta altura de tallo de plántulas de hule en centímetros | 30 |
| 10 | Promedio del peso seco aéreo de plántulas de hule en gramos | 31 |
| 11 | Análisis de varianza para la respuesta peso seco aéreo de plántulas de hule en gramos | 32 |
| 12 | Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la variable de respuesta peso seco aéreo de plántulas de hule | 32 |
| 13 | Promedio del peso seco radicular de plántulas de hule en gramos | 33 |
| 14 | Análisis de varianza para la respuesta peso seco radicular de plántulas de hule en gramos | 34 |
| 15 | Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la variable de respuesta peso seco radicular de plántulas de hule | 35 |

| | | |
|----|--|----|
| 16 | Costo de producción para 5000 Plántulas de Hule, según tratamientos evaluados, Suchitepéquez 2014 | 36 |
| 17 | Rentabilidad por ciclo de producción para un total de 5000 plántulas de hule, según tratamientos evaluados, Suchitepéquez 2014 | 36 |
| 18 | Tasa de interés bancario, según monto depositado | 37 |
| 19 | Rentabilidad de los tratamientos evaluados según tasa de interés bancario | 37 |
| 20 | Costo de producción para 5000 plántulas de hule, utilizando el sustrato Peat moss (testigo, T0) | 45 |
| 21 | Costo de producción para 5000 plántulas de hule, utilizando la mezcla de sustrato Peat moss + fibra de coco (T1) | 45 |
| 22 | Costo de producción para 5000 plántulas de, utilizando la mezcla de sustrato Peat moss + bagazo de caña (T2) | 46 |
| 23 | Costo de producción para 5000 plántulas de hule, utilizando la mezcla de sustrato fibra de coco + bagazo de caña (T3) | 46 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | CONTENIDO | PÁGINA |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Promedio del diámetro del tallo de plántulas de hule en milímetros | 28 |
| 2 | Promedio de altura del tallo de plántulas de hule en centímetros | 30 |
| 3 | Promedio de peso seco aéreo de plántulas de hule en gramos | 33 |
| 4 | Promedio del peso seco radicular de plántulas de hule en gramos | 35 |
| 5 | Rentabilidad por ciclo de producción para un total de 5000 plántulas de hule, según tratamientos evaluados, Suchitepéquez 2014 | 44 |
| 6 | Rentabilidad de los tratamientos evaluados según tasa de interés bancario | 44 |
| 7 | Ubicación del municipio de Patulul, Suchitepéquez | 47 |
| 8 | Ubicación del área de la investigación | 47 |
| 9 | Medidas del tubete utilizado en la investigación | 48 |
| 10 | Medidas del tocón utilizado en la investigación | 48 |
| 11 | Peat moss | 48 |
| 12 | Fibra de coco | 48 |
| 13 | Bagazo de caña | 48 |
| 14 | Tratamiento 0, 100% Peat moss | 48 |
| 15 | Tratamiento 1, 50% Peat moss + 50% Fibra de coco | 49 |
| 16 | Tratamiento 2, 50% Peat moss + 50% Bagazo de caña | 49 |
| 17 | Tratamiento 3, 50% Fibra de coco + 50% Bagazo de caña | 49 |
| 18 | Medición del diámetro | 49 |
| 19 | Medición de la Altura | 49 |
| 20 | Peso de la parte aérea | 49 |

| | | |
|----|----------------------------|----|
| 21 | Peso de la parte radicular | 50 |
| 22 | Armado de la estructura | 50 |
| 23 | Preparación de la mezcla | 50 |
| 24 | Panorámica de bloques | 50 |
| 25 | Panorámica de tratamientos | 50 |
| 26 | Panorámica | 50 |

ACRÓNIMOS

| | |
|-----------------|---|
| AFD | Agua fácilmente disponible |
| ANDEVA | Análisis de varianza |
| AR | Agua de reserva |
| C | Carbono |
| cc | Centímetros cúbicos |
| CIC | Capacidad de intercambio catiónico |
| cm | Centímetros |
| cm ³ | Centímetros cúbicos |
| CUNOC | Centro Universitario de Occidente |
| CYT | Ciencia y Tecnología |
| EC | Concentrado emulsionable |
| FOB | Free On Board (Libre A Bordo) |
| ha | Hectárea |
| ISO | International Standards Organization (Organización Internacional de Normalización) |
| ISRG | International Study Rubber Group (Grupo Internacional de Estudio de Hule) |
| kg | Kiligrámo |
| km | Kilómetros |
| Meq | Mili equivalentes |
| mm | Milímetros |
| Mmhos | Mili hosmeos |
| mS | MiliSiemens |
| ms.n.m. | Metros sobre el nivel del mar |
| m | Metros |
| m ² | Metros cuadrados |
| N | Nitrógeno |
| Pa | Porosidad de aire |
| PAI | Porosidad de aire |
| pH | Porcentaje de Hidrógeno |
| Ppm | Partes por millón |
| PT | Total de espacio poroso |
| Q. | Quetzales |
| SC | Suspensión concentrada |
| SIDA | Síndrome de Inmune Deficiente Adquirida |
| SL | Concentrado soluble |
| Um | Micrómetro |
| uS | MicroSiemens |
| US \$ | Dólar Estadounidense |
| USDA | United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) |
| WG | Granulado dispersable en agua |
| WP | Polvo mojabable |

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Finca La Cuchilla, Ingenio Magdalena, ubicado en la aldea Cocales municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez. En el misma, se compararon diferentes mezclas de sustratos para la producción de plántulas de hule (*Hevea brasiliensis*) en tubetes, con el propósito de conocer cuál de las mezclas de sustratos evaluados era el más adecuado y que contribuyera a mejorar la calidad de la plántula a un bajo costo.

Para ésta investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los sustratos evaluados fueron: peat moss (testigo), peat moss + fibra de coco, peat moss + bagazo de caña y fibra de coco + bagazo de caña, contenidos en tubetes con un volumen de 700 mililitros. A cada una de las mezclas de los sustratos evaluados se les realizó un análisis físico-químico, para poder sustentar mejor los resultados obtenidos.

Las variables evaluadas fueron: diámetro del tallo, altura de planta, peso seco aéreo, peso seco radicular y un análisis económico. Los resultados fueron sometidos al análisis de varianza y a través de las pruebas de Tukey 5%.

Los mejores resultados se lograron con la mezcla de los sustratos, Peat moss + fibras de coco con una relación de: 1:1. Una segunda posibilidad, fue la mezcla de los sustratos fibra de coco + bagazo de caña con la misma relación de mezcla.

Por lo que se concluyó que la mejor mezcla de los sustratos resulto ser Peat moss + fibra de coco; la cual permitió obtener plántulas de buena calidad y a un menor costo con respecto de los demás y al testigo.

SUMMARY

This research was conducted at the Finca La Cuchilla, Ingenio Magdalena, located in the municipality of Patulul Cocal village, department of Suchitepequez. At the same, different mixtures of substrates for seedling production of rubber (*Hevea brasiliensis*) in tubetes, in order to know which of the mixtures tested substrates was the more appropriate and to contribute to improving the quality of the seedlings they were compared at a low cost.

An experimental design of randomized complete block with four replications was used for this research. The substrates were evaluated: peat moss (control), peat moss + coir, peat moss + bagasse and coir + bagasse, tubetes contained in a volume of 700 milliliters. Each of the mixtures tested substrates underwent a physical-chemical analysis, to better support the results.

The variables evaluated were: stem diameter, plant height, shoot dry weight, root dry weight and an economic analysis. The results were subjected to analysis of variance and by Tukey tests 5%.

The best results were achieved with the mixture of substrates, Peat moss + coconut fibers with a ratio of 1: 1. A second possibility was the mixture of coconut fiber substrates + bagasse with the same mixing ratio.

So it was concluded that the best mix of substrates proved to be Peat moss + coconut fiber; which yielded seedlings of good quality at a lower cost with respect to others and to witness.

1. INTRODUCCIÓN

En la producción del cultivo de hule es estratégica la etapa de crecimiento inicial de la planta, ya que es imprescindible tener una planta de calidad para obtener una buena producción final del cultivo. Ingenio Magdalena, Suchitepéquez actualmente cuenta con 22 hectáreas destinadas al almácigo de este cultivo, con una producción aproximada de 300,000 plántulas al año.

Uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántulas es la turba de musgo (*Sphagnum peat moss*); sus características físicas y químicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible, está provocando restringir su uso. Esto ha motivado la realización de la presente investigación coordinada entre el Centro Universitario de Occidente –CUNOC- a través de la carrera de Agronomía y el departamento de hule del Ingenio Magdalena, Suchitepéquez. La búsqueda de sustratos alternativos que permitan generar información para producir plantas de buena calidad, a bajo costo y principalmente mediante el uso de sustratos elaborados con materiales orgánicos disponibles localmente fue la razón principal que motivó la realización de esta investigación.

En esta investigación se evaluó el desempeño de los tocones de hule, utilizando cuatro sustratos alternativos, conformados por diferentes materiales orgánicos en iguales proporciones, en comparación al sustrato testigo (T₀), conformado totalmente por peat moss.

La investigación se realizó en Finca La Cuchilla, Patulul Suchitepéquez. Se efectuó el ensayo en una unidad experimental conformada por 32 tubetes de polipropileno con aditivo uv, utilizando un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Los materiales utilizados para la elaboración de los sustratos alternativos fueron los siguientes: peat moss, fibra de coco y bagazo de caña, los cuales se mezclaron y homogenizaron antes de ser empleados como sustrato para la producción de plantas de hule.

En la investigación se evaluaron las variables respuesta: diámetro del tallo (mm.), altura de la planta (cm.), peso seco de parte aérea y de raíces (gr.).

El análisis económico de los sustratos se hizo a través de una comparación costo-beneficio, con el objeto de determinar el tratamiento que generó un mayor beneficio en cada uno de los tratamientos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

- Generar información técnica que mejore la producción y las características de la plántula de hule (*Hevea brasiliensis*), utilizando la técnica de tubete, con diferentes mezclas de sustratos en Finca La Cuchilla, Patulul, Suchitepéquez.

1.1.2 Específicos

- a. Evaluar el diámetro del tallo y la altura de las plantas de hule, en las diferentes mezclas de sustratos, para determinar cuál de estos ofrece las mejores condiciones para la producción.
- b. Conocer cuál de las mezclas de sustratos produce un mejor sistema aéreo y radicular, en el cultivo de hule, utilizando la técnica de tubete.
- c. Determinar cuál de los tratamientos evaluados presenta la mejor rentabilidad para la producción de plántulas de hule, en etapa de vivero.

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Nula

- Ho1 Ninguno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia estadística significativa en el diámetro y la altura de plantas de hule.
- Ho2 Ninguno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia estadística significativa en el peso seco de la parte aérea y radicular de las plantas de hule.
- Ho3 Ninguno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia en la rentabilidad en la producción de plántulas de hule.

1.2.2 Alternativa

- Ha1 Al menos uno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia estadística significativa en el diámetro y la altura de plantas de hule.
- Ha2 Al menos uno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia estadística significativa en el peso seco de la parte aérea y radicular de las plantas de hule.
- Ha3 Al menos uno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia en la rentabilidad en la producción de plántulas de hule.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Situación actual del hule

Actualmente las naciones asiáticas cubren más del 92% de la producción de hule natural. Tres países del sudeste de Asia: Malasia, Indonesia y Tailandia producen el 75% de la producción mundial. África aporta el 6.40%. Centro y Sur América a pesar de ser la región de origen del Hule producen únicamente el 1.20%. (21).

Según las últimas cifras del IRSG (Grupo Internacional de Estudio de Hule) para el año de 1994 existía un consumo mundial de 5.60 millones de toneladas de hule natural y 8.70 millones de toneladas de hule sintético. (13).

Aunque el hule es un producto de la agricultura, se encuentra clasificado como material crítico y estratégico por el gobierno de los Estados Unidos, a pesar de la existencia de hules sintéticos basados en petróleo desde la Segunda Guerra Mundial, el hule natural es considerado no reemplazable. Ningún sustituto sintético da la gran elasticidad de volver a su forma anterior y tiene la resistencia a altas temperaturas encontradas en el hule natural. Los neumáticos de aviones y las llantas radiales de los automóviles son construidos en un 50% de hule natural. Las fluctuaciones en los costos de los sintéticos derivados del petróleo hacen al hule natural aún mucho más atractivo. La epidemia del SIDA ha creado gran demanda de materiales de hule (21).

En 1997, Guatemala produjo un total de 34 mil toneladas de hule natural lo que la coloca en una posición importante con respecto a Brasil y América Latina. (7,21); ese mismo año el ingreso de divisas al país por la venta al exterior del caucho natural fue de US \$ 34.60 millones, que representan el 6.5% del total de las exportaciones FOB de Guatemala. La producción de hule natural desde 1990 a 1997 ha tenido un crecimiento del 70%. La Gremial de Huleros de Guatemala, estima una producción para el año 2000 fue de 50,000 toneladas (8).

En el país se encuentran dos zonas bien diferenciadas para la producción de hule: la zona Norte o de la costa Atlántica, con un total de 6,089 hectáreas en 111 fincas, teniendo una superficie para el cultivo de 250,000 hectáreas; y la zona sur o de la costa Pacífico con 34,737 hectáreas en 392 fincas, para el año de 1997 (8).

La zona Norte se diferencia de la costa sur por la cantidad y distribución de las lluvias (mejor distribuidas) con un total de 2500 a 3000 mm / año, con una estación seca de 2 a 3 meses (enero a marzo) en donde los árboles defolian y renovan sus copas. Por las mismas condiciones climáticas el hongo *Microcyclus ulei* causa ataques severos a las hojas del Hevea, más conocida como la Mancha sudamericana de la hoja, por lo que es más comúnmente observar clones sudamericanos como IAN 710, IAN 873 y FX25, al contrario de la costa Pacífica en donde generalmente se ve RRIM600. La mancha sudamericana de la hoja es la enfermedad más preocupante de la región, sin embargo, puede controlarse con la selección de clones adecuados (22).

En la región norte además existe menos viento, y por lo tanto, menos heridas en las cuales pudieran introducirse agentes patógenos causantes de enfermedades

de las ramas, así como no existe poda de ramas para aliviar las coronas debido a la ausencia de vientos fuertes, como en el caso de la costa sur (22).

Otra de las diferencias entre estas dos zonas es el costo de la tierra siendo mucho mayor en la costa sur, aunque por su estación seca prolongada es una zona de escape para *Microcyclus ulei* y por lo tanto se puede recomendar clones orientales que producen 2000 kg / ha / año, mientras los clones sudamericanos producen entre 1500 a 1800 kg / ha / año en la zona norte (22).

2.2 Descripción botánica del hule

Esta planta pertenece a la familia Euphorbiaceae, es Angiosperma dicotiledónea del género *Hevea*, del cual existen nueve especies conocidas, siendo la más importante la especie *brasiliensis*. Las especies son: *brasiliensis*, *benthamiana*, *pauciflora*, *spruceana*, *viridis*, *guyanensis*, *rigidifolia*, *microphylla*, *camporum* (3).

El árbol de *Hevea* es de tamaño mediano de 10 a 20 mt de altura con ramas robustas lisas y contienen látex. El pecíolo es delgado, verde y de 30 a 35 cm de largo. Los folíolos son de tallo corto y elíptico “oblongos ha ovalado oblongos”, la base es angosta y aguda, el ápice es acuminado. Los folíolos de las hojas individuales son enteros, pinatinervados de color oscuro por arriba y de color más claro y glaucas por debajo, de 5 a 35 cm de largo y de 2.50 a 12.50 cm de ancho (16).

La inflorescencia es axilar y lateral con tallo laxo en forma de panícula de muchas flores y pubescencia corta, las flores son unisexuales, monoicas, pequeñas y de color amarillo claro. El cáliz es campanulado con 5 segmentos angostamente triangulares. En la flor masculina hay 10 estambres; formando una columna con las anteras de 2 hileras superpuestas. Existe un pequeño disco pubescente de 5 lóbulos. Las flores femeninas son mayores que las masculinas, el ovario es corto pubescente y de 3 celdas con 3 estigmas gruesos, cortos y sésiles (16).

Los frutos son grandes comprimidos obtusamente, trilobados, rara vez con 4 a 6 lóbulos, de 3 a 6 cm de diámetro y separados en 3 a 6 bayas de 2 vulvas, el pericarpio es coriáceo, en el endocarpio leñoso las semillas son grandes cuadrangulares ovoides, comprimidos en uno de los lados brillantes de color café oscuro de 2 a 3 cm de largo por 1.50 a 3 cm de ancho y de 1.50 cm a 2.50 cm de grueso. La madera es homogénea, blanda, quebradiza y sensible a los daños causados por el viento. Su sistema radical es a la vez pivotante y rastrero (16,11).

El árbol puede vivir más de 100 años; en plantación, la duración de su vida económica se limita de 35 a 40 años, iniciándose su explotación según las condiciones de crecimiento, a los 6 a 7 años después de la siembra definitiva (10).

El Hule tiene un ciclo anual de vegetación; la defoliación de árbol se encuentra en la estación seca, lo que ocasiona una disminución de la secreción de látex; el cual se encuentra en células especializadas de los llamados vasos laticíferos, que constituyen redes comunicantes asegurando de esta forma que en el momento de sangría o pica exista un derrame abundante que permite la explotación continua. Los

vasos laticíferos se localizan especialmente en la corteza del tronco el cual es el órgano explotado mediante la sangría (16).

El látex es una suspensión de glóbulos de caucho en un suero acuoso. Químicamente, el látex es un polímero de 2-metil-1,3-butadieno (isopreno), $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$ (20).

Su porción de caucho varía de 30 – 40% y el resto, en su mayor parte agua, incluye algunas proteínas, carbohidratos, minerales y otras sustancias. Si no fuera tratado con productos químicos, el látex se coagularía y se pondría rancio dentro de un día debido a la actividad bacteriana. El amoníaco es el producto químico usado generalmente para preservarlo. El látex a granel se concentra, habitualmente por centrifugación, hasta un contenido de caucho de 60% (Norma ISO 2004). También puede concentrarse por cremado o evaporación (14).

2.3 Morfología y crecimiento

2.3.1 Sistema radicular

El enraizamiento del hule es pivotante, y su desarrollo depende del carácter genético de cada clon, además, el método de siembra, tienen un rol importante en la extensión del sistema radicular. La raíz pivotante, si el suelo es profundo, puede alcanzar un largo de 5 metros hacia los 15 años. Las zonas de concentraciones densas y el manto friático son obstáculos en la producción del pivote (24).

Las raíces laterales forman ramificaciones en el horizonte superior del suelo, que se subdivide en una cabellera más o menos densa de radicales, que se les llama raíces alimentarias; en la mayoría de los suelos la mayor proliferación de radículas se encuentra en el horizonte superior 30 – 60% de total entre 0 a 7.50 centímetros (24).

2.3.2 Sistema aéreo

El crecimiento se considera esencialmente en el aumento de la circunferencia del tronco. La explotación empieza cuando el tronco ha llegado a una circunferencia adecuada. 50 centímetros a un metro de suelo se considera un parámetro inicial para la explotación del árbol. Así algunos clones pueden entrar en producción a los 5 años mientras que otros deberán esperar 7 años. Cronológicamente el ciclo morfogenético culmina en la formación de cada unidad de crecimiento que se realiza en cuatro estadios:

1. Brote: las hojas preformadas en el botón terminal se abren y la nueva unidad de crecimiento aparece, este estadio dura aproximadamente 9 días.
2. Crecimiento: elongación rápida de los entrenudos separando las hojas. Las hojas asimiladoras aparecen, al principio moradas rojizas (antociánicas) con un limbo de dimensiones muy reducidas, levantadas verticalmente, después los limbos recaen hacia el suelo y la colocación roja se atenúa, este estadio en su conjunto dura 11 días.
3. Maduración Foliar: la maduración empezada en el estadio anterior se vuelve espectacular. Los limbos sufren un crecimiento rápido, están siempre pendulentos, verde claro y muy flojo, dura por lo menos 10 días. En los estadios

2 y 3 las hojas son muy vulnerables a ciertas enfermedades que si no se tratan pueden generar su caída.

4. Dormancia o Latencia: se considera como el principio de este estadio el momento en el que los limbos toman la rigidez y comienzan a levantarse este estadio puede durar solo una docena de días, pero puede también durar mucho más tiempo según las condiciones del medio. Al noveno día de este estadio, se manifiestan de nuevo mitosis en el meristemo apical y en los meristemos axilares, iniciando un nuevo ciclo (24).

2.4 Ecología del cultivo

A. Clima

El hule prospera sólo en clima ecuatorial o tropical húmedo con las siguientes características:

- a. Temperatura: el árbol se desarrolla adecuadamente con una temperatura promedio de 26 a 28 grados centígrados con variaciones desde los 20 hasta los 33 grados centígrados. (3).
- b. Precipitación: media es de 1,800 a 2,500 mm/año.
- c. Sol: los mejores resultados se obtiene en regiones muy soleadas (10). En el Ecuador 1,500 horas / año y a 5° de latitud 2,500 horas/año.
- d. Altitud: inferiores de 500 a 600 ms.n.m. en la zona ecuatorial y menores de 400 ms.n.m. a cuatro grados de latitud. (11).
- e. Viento: los vientos violentos provocan daños debido a la fragilidad de la madera. (11). Se vuelve critico a vientos mayores de 100 km/hora especialmente cuando los árboles oscilan entre las edades de 8 a 20 años. (4).

B. Suelos

Según Omont, (17) señala que las características de los suelos más propicios para la heveicultura son las siguientes

- Una profundidad de suelo homogénea de más de 1 metro sin horizonte compactado.
- Un buen drenaje (clase D de USDA- 1960).
- Una buena aireación del suelo.
- Una buena estructura del suelo y una consistencia bien friable.
- Una buena retención de agua.
- Ninguna turba sobre todo si es ácida.
- Una textura bien equilibrada entre arcilla y arena.
- Un relieve poco marcado.
- Ningún estrato freático a menos de 1 metro de profundidad.

2.5 Sustratos

Según García, (6) puede asegurarse, sin exageración, que el principal factor del que depende el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato elegido y la finalidad más importante de un sustrato es producir una planta de alta calidad en un tiempo menor, a bajo costo.

Según Calderón, (2) el término sustrato, que se aplica en agricultura, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (12).

En la producción de almácigo de hule, el empleo de los sustratos se justifica por varias razones. Se tiende a sustituir el suelo natural para poder controlar mejor los parámetros de crecimiento y de desarrollo de los cultivos a través del:

- Tenor de aire en el sustrato.
- Control del tenor de agua y elementos minerales.
- Desinfección fácil de los sustratos.
- Disminución de parásitos y fácil control.
- Extensión del período de producción.
- Desplazamiento más fácil de las plantas.
- Repique con alto grado de éxito, sin daño de las raíces.

García, (6) cita las siguientes ventajas del trasplante frente a la siembra directa:

- Mayor stand de plantas.
- Posibilidad de selección de la plántula.
- Cultivos con menos tiempo en el campo.

Ventajas del trasplante a raíz cubierta en contenedor:

- Disminuye estrés del trasplante.
- Plantas más uniformes.
- Menor tiempo de crecimiento.
- Permite mecanizar el trasplante.
- Producción a gran escala.

2.5.1 Propiedades de los sustratos

A continuación se mencionan las propiedades a tener en cuenta en los materiales utilizados para fabricar sustratos. (6).

- Granulometría: tamaño medio y distribución del tamaño de partículas. A partículas más grandes, mayor será el contenido de aire y menor el de agua para determinada succión. Relación óptima aire/agua 3/1.
- Porosidad (mayor a 85%).
- Capacidad de agua disponible (24 - 40%).
- Densidad aparente (menor a 0.4 gr/cm³).

- Relación C/N y grado de estabilidad de la materia orgánica.
- Capacidad de intercambio de cationes (CIC): 6-15 meq/100gr (24-60 meq/litro).
- pH con efecto importante en la disponibilidad de nutrientes.
- Cantidad y disponibilidad de nutrientes.
- Concentración de sales en la solución acuosa. La salinidad dependerá del tipo de sustrato y del agua de riego. A menor volumen del recipiente, más riesgosa es la acumulación de sales a niveles de toxicidad. Conductividad eléctrica menor a 0.65 mmhos/cm.
- Libre de enfermedades, plagas y malezas.
- Ser fácilmente disponible.
- Bajo costo.

Gallo y Viana, (5) mencionan que, para determinado sustrato se comporte de manera adecuada, con propiedades físicas y químicas óptimas, es necesario que tenga un correcto reparto y composición de las fases sólidas, líquida y gaseosa. Es necesario que el sustrato combine propiedades físicas y químicas favorables manteniéndolas inalteradas.

2.5.2 Propiedades físicas de los sustratos

Según Núñez, (15) las propiedades físicas de los medios de cultivo son de importancia. Una vez que el medio esté en el contenedor, y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho medio.

Generalmente suele darse más importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede modificarse su estructura física, a diferencia de su composición química, que puede ser alterada durante el desarrollo de la planta, mediante el riego y el abonado. (15).

Las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato, o comparar diferentes materiales, son:

- Distribución del tamaño de partículas o granulometría
- Porosidad, y su reparto entre las fases líquida y gaseosa, es decir: capacidad de retención de agua y porosidad de aire.

Las características físicas de un sustrato que generalmente son consideradas en un análisis de rutina, son densidad aparente, porosidad y curva de retención de agua. (15).

Según García, (6) sugiere los valores ideales para un sustrato (como porcentaje del volumen total): el total de espacio poroso (PT) sería 85%; porosidad del aire (PAI) 10-30%; agua fácilmente disponible (AFD) 20-30%; y capacidad buffer del agua (agua de reserva) (AR) 4-10%.

a. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de

su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría (5).

De la naturaleza y del tamaño de partículas del sustrato dependerán principalmente sus propiedades físicas, como el reparto de aire y agua y la disponibilidad para las raíces (5).

Influencia de la granulometría en las propiedades del sustrato

Según Gallo y Viana, (5) en sustratos que presentan amplia distribución de tamaños de partículas, las partículas pequeñas se alojan en los huecos entre las partículas grandes, reduciendo su tamaño y por tanto, la porosidad total y la ocupada por aire. Al mismo tiempo, aumentará la cantidad de agua retenida, al ser mayor el número de microporos. En consecuencia, las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de los tamaños de partícula, por lo que modificando o seleccionando adecuadamente el tamaño de partícula, se pueden alcanzar propiedades físicas óptimas.

b. Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85%, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones (12).

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado (12).

Según Núñez, (15) el total de poros existentes en un sustrato se divide entre:

1) Poros capilares de pequeño tamaño ($< 30 \mu\text{m}$), que son los que retienen el agua y 2) Poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño ($> 30 \mu\text{m}$), que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado. Sin embargo, los poros no drenan completamente y una fina película de agua es retenida alrededor de las partículas del sustrato.

c. Porosidad del aire

La porosidad de aire (Pa) es la propiedad física más importante de los sustratos. Los valores de Pa necesarios dependen mucho de la especie cultivada, ya que la sensibilidad de las plantas a la aireación es muy variable. Además dependen del método de medida utilizado y de las condiciones ambientales y de manejo (5).

El contenido de aire de un sustrato es definido como la proporción del volumen que contiene aire después de que ha sido saturado con agua y dejado drenar. La porosidad de aire consiste en el porcentaje de volumen de sustrato que contiene aire. El valor que se aconseja como óptimo oscila entre el 10 y el 30%. (5).

d. Agua fácilmente disponible

Según Núñez, (15) es la diferencia entre el volumen de agua retenido por el sustrato, después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión matricial y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de capacidad de absorción. El valor óptimo para el agua fácilmente disponible oscila entre el 20 y el 30% del volumen.

e. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente (12).

La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0.70 g/cm^3 - 0.10 g/cm^3) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura. (12).

f. Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas. (12).

2.5.3 Propiedades químicas del sustrato

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza (5).

Según Gallo y Viana, (5) mencionan que las propiedades químicas más importantes de los materiales que componen un medio de crecimiento son:

a. Capacidad de intercambio catiónico

Según Núñez, (15) se define como la suma de los cationes cambiables que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixiviante del agua y están usualmente disponibles para la planta.

La capacidad de los sustratos orgánicos para adsorber cationes metálicos depende del pH: Cuando más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Para una turba rubia, la capacidad de intercambio catiónico se incrementa desde 50 hasta 100 meq/100 gr cuando el pH aumenta desde 3.50 hasta 5.50.

b. Salinidad

La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad (en miliSiemens por cm, mS/cm, o microSiemens por cm, μ S/cm) (5).

El efecto más común de la salinidad, es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz. (5).

c. pH

Según Ovalle, CS. (18); El pH óptimo del suelo para el cultivo de hule se sitúa entre 5 y 6.50.

Según Gallo y Viana, (5) en sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de plantas está entre 5.00 y 6.50, lo que no excluye que no puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo.

2.5.4 Materiales utilizados como sustratos

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos utilizados en la producción de plántulas, los cuales se clasifican según el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación (12).

A continuación se detallan los más utilizados, de acuerdo a sus propiedades.

- Sustratos químicamente inertes. Arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- Sustratos químicamente activos. Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato (12).

Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal, (12).

2.5.5 Según el origen de los materiales

a. Materiales orgánicos

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turba).

- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.). (12).

b. Materiales inorgánicos o minerales

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).
- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.). (12).

2.6 Almacigos

La propagación de plantas es una fase en el cultivo de hule de mucha importancia. Las técnicas utilizadas en Guatemala han sido desarrolladas en los países de Oriente, como Indonesia, Malasia, Sri Lanka, a partir de finales del siglo XIX y adaptadas a nuestro país por técnicos y agricultores para lograr los mejores resultados bajo nuestras condiciones. Desde que se descubrió que las plantaciones provenientes de una reproducción asexual o por injertación eran uniformes en la mayoría de sus características, la propagación de hule injertado se ha vuelto obligatoria. Al igual que en otros cultivos, el mejoramiento genético para la propagación de plantas ha venido por lo tanto evolucionando. Actualmente se encuentra en Guatemala con tres técnicas para elaborar almacigos. El sistema tradicional al suelo (producción de tocones), la reproducción de plantas en bolsa y reproducción de plantas en tubetes. (19).

2.6.1 Producción de tocones injertados al suelo para trasplantar a tubetes

Ventajas

- Solamente se requiere de un año para llevar las plantas al campo definitivo.
- Menos costo de producción en función del tiempo.
- Producción de plantas vigorosas de 2 a 3 pisos foliares (coronas).
- Existe un mejor equilibrio entre el desarrollo del follaje y el sistema radicular de las plantas, lo que evita el problema de manejo y resentimiento de las plantas. (19).

Desventajas

- La técnica requiere de personal calificado, en especial de injertadores.
- Bajo rendimiento de material vegetativo (menor cantidad de yemas por metro) a causa de la edad del mismo (vareta) que se debe utilizar. (19).

2.6.2 Siembra y selección del tocón

Arranque, despatronado y selección

Esta actividad consiste en arrancar las plantas injertadas del almácigo establecido previamente al suelo, sin dañar las yemas, seleccionando las plantas que tengan de 1/2 a 1 pulgada de diámetro, podándoles la raíz a 10 pulgadas de largo (2 pulgadas menos que largo del tubete) y cortando el patrón 3 pulgadas por arriba del parche de injerto procurando realizar el corte sin astillas y a bisel para que el agua de lluvia o riego no penetre y pudra el patrón, además es recomendable sellar este corte con parafina o pintura de aceite. Los tocones con yemas dañadas y raíz mal formada, raquíticos y desuniformes deben ser desechados para evitar heterogeneidad en la plantación. (19).

Siembra y orientación de los injertos del tocón

La época más apropiada para trasplantar tocones en la costa sur es entre el mes de agosto y el mes de octubre para aprovechar aún las últimas lluvias del invierno. Lo anterior permite obtener plantas de tres o más pisos foliares (corona) de desarrollo, en el mes de mayo del siguiente año época en la cual se siembran en campo definitivo. La siembra se desarrolla de la siguiente manera: después de arrancado el tocón se podan las raíces principales y laterales, dejándolas de un largo promedio de 10" desde la punta de la pivotante hasta el cuello que queda al ras del suelo. De similar longitud y grosor de los tocones se corta una estaca, para perforar un agujero de 10" de profundidad. Se coloca el tocón en el agujero y se empuja hacia abajo procurando que éste quede en el centro del tubete. Con la estaca colocada a un lado del tocón se aprieta lo suficientemente para eliminar bolsas de aire y puedan reducir el porcentaje de brotación de los tocones. Para evitar deshidratación de los tocones recién sembrado es necesario encalarlos con una solución de cal hidratada a razón de 1 libra por galón de agua, lo cual incide en una mejor brotación de las yemas. (19).

Es importante considerar si la siembra de tocones a tubetes se realiza antes del mes de agosto, el desarrollo foliar del injerto es desproporcionado con respecto al sistema radicular del patrón, por lo que el tamaño de la planta puede dar problemas durante el transporte y la siembra en el campo definitivo. También es importante tomar en cuenta que para la siembra de tocones a tubetes la orientación de los injertos se debe realizar hacia surco (ya sea surco doble o sencillo), para que al brotar no se hagan competencia unos con otros. (19).

2.7 Tubetes

La producción masiva de plantas forestales con fines de reforestación tiene un nuevo aliado en el país: la tecnología de tubete para viveros, un sistema ambientalmente amigable basado en tubos cónicos en bandeja o maya flotante, que además significa una mayor rentabilidad y un mejor desarrollo de las plántulas. (9).

Aunque la tecnología de tubete, aplicada también en la producción de plantas ornamentales y frutales, ya tiene algunos años en haber llegado al país, ésta es aún poco conocida ya que en Guatemala son pocas las empresas que venden este producto o los viveros que ya emplean el sistema. (9).

El gerente de operaciones de la empresa Pilonos de Antigua, pionera en la producción de plántulas forestales maderables y frutales en tubetes en el país, asegura que una de las principales ventajas de esta tecnología es que garantizan una perfecta formación de las raíces de los plantones. (9).

A diferencia de sembrar en bolsas de polietileno, que provoca que las raíces de las plantas se enrollen, el tubete está dotado de una ranura que permite que éstas se desarrollen en forma radiular (hacia abajo) y mejor distribuidas. “Al exponerse la raíz a la luz y al aire se produce una poda natural”. (9).

Entre las ventajas económicas sobresale que para llenar un semillero de bolsa se necesitan uno 200 cc de suelo, un tubete sólo 160 cc; en un vivero para 100 mil pilones en bolsas, se puede albergar hasta 400 mil tubetes; “el traslado es más práctico, al igual que el trasplante, lo que redunda en los costos de mano de obra”. (9).

El supervisor de proyectos forestales de Agrobosques, segunda empresa en introducir la tecnología de tubete al país, considera que una de las bondades de este sistema de vivero es su amigabilidad con el ambiente, ya que propicia un menor uso de suelo y evita los residuos plásticos en el campo. (1).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y área de estudio

3.1.1 Finca La Cuchilla

Ubicada en el municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez, es propiedad del Ingenio Magdalena, tiene una extensión de 315 hectáreas de las cuales 22 hectáreas están destinadas al almácigo de hule (Ver figuras 7 y 8).

3.1.2 Datos generales

La finca se encuentra ubicada en las coordenadas 24° 21' 87" de Latitud Norte y 91° 14' 07" de Longitud Este, tiene una topografía relativamente plana, con una altura aproximada de 166 ms.n.m., temperatura promedio de 30 °C, precipitación pluvial con un promedio anual de 3,700 milímetros, limita al Norte con la finca Acarigua, al Este con el Río Madre Vieja y al Oeste con el Río Chipó.

3.1.3 Zona de vida: Según Holdrige

Se encuentra en una zona de vida: Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido. Las condiciones climáticas varían de la Costa Sur y la Costa Norte, tanto en precipitación como en bio-temperatura. La zona de la Costa Sur tiene un patrón de lluvias que va de 2,200 hasta 3,000 milímetros. (4).

3.2 Metodología

3.2.1 Descripción de la investigación

La presente investigación consistió en la evaluación de cuatro mezclas de sustratos siendo estas, Peat moss, Peat moss mas fibra de coco, Peat moss mas bagazo de caña y Fibra de coco más bagazo de caña, para recabar información del comportamiento de las mezclas en cuanto al enraizamiento de tocones de hule, en etapa de vivero utilizando tubetes y un estudio económico para compararlo con el que utiliza Finca La Cuchilla, Suchitepéquez.

3.2.2 Diseño experimental

Para el presente estudio se utilizó el diseño de bloques completos al azar, ya que fue el diseño que se adaptó de mejor forma al tipo de experimento, debido a que se realizó a campo abierto con 4 tratamientos y 4 repeticiones para obtener los gados de libertad que se requirieron.

Este diseño se basó en unidades experimentales llamadas bloques, la finalidad de este fue mantener la variabilidad dentro de las unidades experimentales dentro de los bloques, debiéndose repetir únicamente una vez un tratamiento dentro de un mismo bloque, a fin de minimizar el error experimental, se tomaron las precauciones para tratar las unidades experimentales lo más uniformemente posible. (3).

3.2.3 Modelo estadístico

- $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$

Donde la variable respuesta:

| | | |
|----------|---|------------------------|
| Y_{ij} | = | Rendimiento |
| μ | = | Medias |
| T_i | = | Número de tratamientos |
| B_j | = | Número de repeticiones |
| E_{ij} | = | Error experimental. |

3.2.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos que fueron empleados en la presente investigación, consistieron en mezclas de sustratos para almacigo de hule utilizando tubetes, Las mezclas de los sustratos se hicieron en base a peso y en proporciones iguales debido a sus propiedades físicas, los tratamientos fueron de la siguiente forma:

| | |
|--|-------------|
| Tratamiento 0: peat moss al 100%. | (Testigo) |
| Tratamiento 1: peat moss más fibra de coco. | (50% - 50%) |
| Tratamiento 2: peat moss más bagazo de caña. | (50% - 50%) |
| Tratamiento 3: fibra de coco más bagazo de caña. | (50% - 50%) |

3.2.4.1 Descripción de los materiales para la elaboración de las mezclas:

a. Peat moss

Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica. Las turbas rubias tiene un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3.50 y 8.50. Se emplea en la producción de plántulas en vivero. (12).

b. Fibra de coco

Este producto se obtiene de fibras de coco. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 8 o 9 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6.30 – 6.50) y una densidad aparente de 200 kg/m³. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee. (12).

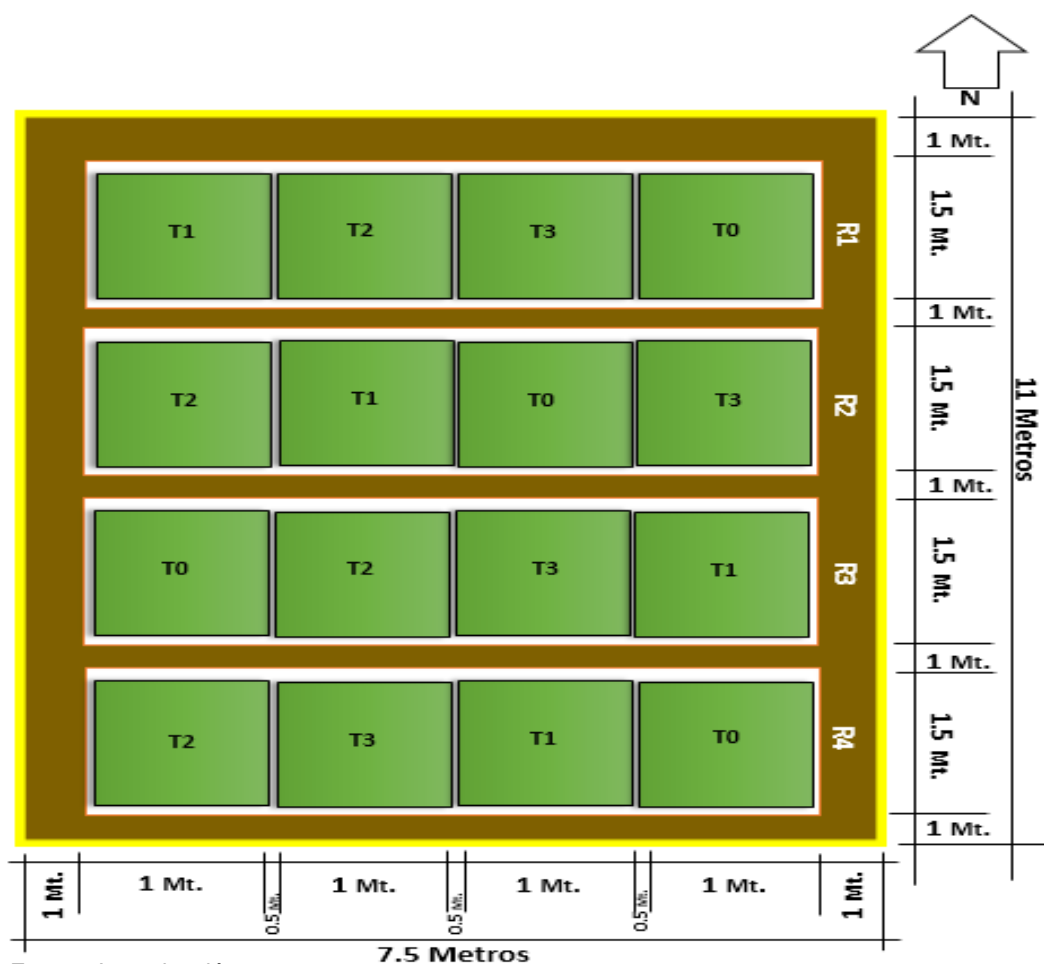
c. Bagazo de caña

Se produce como consecuencia de la fabricación de azúcar y constituye un subproducto de esta producción. Es un material fibroso, heterogéneo en cuanto a su composición granulométrica y estructural, que presenta relativamente baja densidad y un alto contenido de humedad, en las condiciones en que se obtiene del proceso de

molienda de la caña. El bagazo completo está integrado por tres componentes principales: El recubrimiento, en el que se incluye la epidermis, la corteza y el periciclo. Los mazos de fibra vascular, entre los que figuran las células conductoras de pared delgada asociadas con fibras de pared relativamente con estrecho lumen. El tejido básico (parénquima) o medula, con mazos de fibra distribuidos irregularmente. (12).

3.2.5 Croquis del ensayo de campo

Cuadro 1. Dimensiones del área total de la investigación

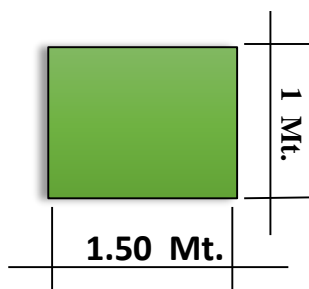


Fuente: Investigación 2015.

3.2.6 Unidad experimental

El área total de la investigación fue de 82.50 mts² (7.5*11), se aleatorizaron los tratamientos dentro de los bloques con la ayuda de una calculadora.

Se evaluaron 32 plantas/sustrato, distribuidas en 4 surcos/8 posturas en cada unidad experimental, 0.50 metros de separación entre cada tratamiento. El experimento en total constó de 512 plantas.

Cuadro 2. Dimensiones de la unidad experimental, parcela neta y parcela bruta

Fuente: Investigación 2015.

Se tuvieron 4 unidades experimentales de un área de 1.50 mts^2 (1.50×1), estas mismas dimensiones son para las parcelas neta y bruta ya que por el sistema tubete no genera efecto de borde.

3.2.7 Variables de respuesta

3.2.7.1 Diámetro del tallo

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plántulas de hule en los diferentes sustratos se midió la variable diámetro del tallo en la base del injerto con la ayuda de un vernier. Se tomó un promedio del diámetro del tallo expresado en milímetros para cada tratamiento, a los 90 y 150 días después del trasplante a los tubetes (2 y 3 corona, es decir después de la formación del segundo y tercer grupo de hojas).

3.2.7.2 Altura de planta

Con el propósito de evaluar, la respuesta vegetativa de las plántulas de hule en los diferentes sustratos, se midió la variable altura de planta desde la base al ápice expresado en centímetros con la ayuda de una cinta métrica. Se tomó un promedio de altura, para cada tratamiento, a los 90 y 150 días después del trasplante a los tubetes (2 y 3 corona, es decir después de la formación del segundo y tercer grupo de hojas).

3.2.7.3 Peso seco aéreo

Se cortó la parte aérea de la planta y se introdujo en un horno a 40°C por 72 horas, se tomó un promedio del peso seco de la parte aérea expresado en gramos, a los 90 y 150 días después del trasplante a los tubetes (2 y 3 corona, es decir después de la formación del segundo y tercer grupo de hojas).

3.2.7.4 Peso seco radicular

Se tomó un promedio del peso seco de la parte radicular, se extrajo todo el sustrato teniendo cuidado de no perder las raíces más pequeñas y luego se introdujo en un horno a 40°C por 72 horas, se utilizó una pesa analítica en gramos a los 90 y 150 días después del trasplante a los tubetes (2 y 3 corona, es decir después de la formación del segundo y tercer grupo de hojas).

3.2.7.5 Análisis económico

Para cada uno de los tratamientos evaluados se realizó una comparación de costo-beneficio, para determinar cuál de ellos permitía obtener plántulas de buena calidad y a un costo bajo.

La rentabilidad de cada tratamiento se obtuvo mediante la relación

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Egresos}} * 100$$

3.2.8 Manejo agronómico de la evaluación

3.2.8.1 Armado de la estructura

Esto consistió en la hechura del tapesco donde fueron montados los tubetes, esta estructura tuvo una dimensión de 1.50 metros de ancho por 4 metros de largo por 0.60 metros de alto, la estructura fue elaborada de madera con malla de metal.

3.2.8.2 Arranque de tocón

Consistió en arrancar del suelo las plántulas, para convertirlas en tocón (poda del patrón y podarles la raíz), parafinó y pintó el corte de la poda del patrón, para después sembrar.

3.2.8.3 Llenado de tubetes

Consistió en llenar los tubetes con los diferentes sustratos descritos anteriormente y fueron colocarlos en la unidad experimental que correspondieron.

3.2.8.4 Clasificación de tocón

La clasificación se realizó con la finalidad de uniformizar el diámetro del tocón el cual fue de una pulgada.

3.2.8.5 Siembra tocón

Se procedió a la siembra del tocón en los tubetes y fueron colocados en la unidad experimental correspondiente.

3.2.8.6 Riegos

Los riegos se realizaron con una frecuencia de dos a tres veces por día esto dependió de la precipitación pluvial.

3.2.8.7 Fertilización

- **Diluida**

Las aplicaciones se realizaron dos veces por semana en forma diluida a razón de 64 gramos por aplicación de fertilizante Technigro® con una formulación de 9-45-15, 20-18-20 y 11-60-0, con una dosis de 100 cc por planta.

- **Foliar**

La fertilización foliar se realizó dos veces por mes utilizando el fertilizante foliar Kr-ESE® y Metalosate® con una dosis de 100 cc por bomba.

3.2.8.9 Aplicación de fungicidas

Se realizó una aplicación de Pronto® 50 WP (Benomyl) a razón de 60 gr por bomba, dos aplicaciones de Nativo® 75 WG (Trifloxystrobin – Tebuconazole) a razón de 40 gr por bomba y una aplicación de Pilarich® 72 SC (Chlorothalonil) a razón de 100 cc por bomba.

3.2.8.10 Aplicación de insecticidas

Se realizó una aplicación de Dismetrina® 25 EC (Cypermethrin) a razón de 100 cc por bomba y una aplicación de Lannate® 21.6 SL (Methomyl) a razón de 60 cc por bomba.

3.2.8.11 Control de malezas

El control se hizo de forma manual alrededor del área experimental, una vez al mes, es una de las ventajas de trabajar con el sistema de tubetes puesto que permite un mejor control y de eliminar las malezas de una forma más fácil.

3.2.9 Análisis estadístico de la información

3.2.9.1 Análisis de varianza

Las variables de respuesta se tabularon en base a un análisis de varianza al 5% de probabilidad, esto con la finalidad de conocer si estadísticamente existía alguna significancia entre los tratamientos.

3.2.9.2 Análisis de medias

Para el análisis de la información se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA), se procedió a realizar la prueba de medias a través del método de Tukey, para clasificar a los tratamientos en un orden del mejor al peor, de acuerdo al valor de sus medias.

El método de Tukey es una de las pruebas más fuertes que existen. Exige altas diferencias entre las medias para declarar significancia estadística. Es más eficiente cuando se comparan pocas medias.

3.2.9.3 Análisis económico

Para cada uno de los tratamientos evaluados se realizó una comparación de costo-beneficio, para determinar cuál de ellos permitía obtener plántulas de buena calidad a un costo bajo.

La rentabilidad de cada tratamiento se obtuvo mediante la relación

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Egresos}} * 100$$

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Propiedades físicas y químicas de las mezclas de sustratos evaluados

Con el objetivo de disponer de información científica que permita discutir el desempeño obtenido de las plántulas de hule a través de las variables evaluadas de cada tratamiento, se realizó un análisis de laboratorio físico-químico, el cual se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis físico-químico de los sustratos evaluados en la producción de plántulas de hule

| PARÁMETROS | TRATAMIENTOS | | | | RANGO |
|--|--------------|---------|---------|---------|-----------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | |
| pH | 4.50 | 6.00 | 5.3 | 5.5 | 5.0-6.5 |
| Densidad Total g/cm ³ | 0.30 | 0.20 | 0.25 | 0.20 | 0.70-01 |
| Densidad Aparente gr/cm ³ . | 0.25 | 0.20 | 0.25 | 0.20 | <0.40 |
| Porosidad Total %. | 80.00 | 90.00 | 85.00 | 90.00 | 80.00 |
| Granulometría. | Mediana | Mediana | Mediana | Mediana | Mediana |
| Material Orgánico %. | 89.00 | 95.00 | 90.00 | 95.00 | 80-100 |
| Capacidad de Intercambio Cationico meq/100 gr. | 8.00 | 6.00 | 7.00 | 7.00 | 6-15 |
| Conductividad eléctrica mmhos/cm. | 0.40 | 0.35 | 0.39 | 0.37 | <0.65 |
| Agua disponible. | 30.00 | 60.00 | 33.00 | 48.00 | 24-40 |
| ELEMENTO ppm | | | | | |
| Nitrógeno | 14.00 | 12.00 | 14.60 | 62.00 | 25-250 |
| Calcio | 500.00 | 600.00 | 400.00 | 0.00 | 2000-3000 |
| Magnesio | 50.00 | 0.00 | 50.00 | 150.00 | 250-500 |
| Fosforo | 0.00 | 12.00 | 7.00 | 35.00 | 30-75 |
| Cobre | 1480.00 | 1150.00 | 810.00 | 1160.00 | 1-7 |
| Hierro | 200.00 | 880.00 | 17.00 | 0.00 | 40-250 |
| Manganeso | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10-250 |
| Zinc | 0.00 | 0.20 | 1.00 | 0.00 | 2-25 |
| Potasio | 80.00 | 20.00 | 120.00 | 165.00 | 300-500 |
| Aluminio | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | <100 |

Fuente: Laboratorios PROVIDA Water Quality Control

Como se puede apreciar en el cuadro 3, los tratamientos difieren entre sí en las propiedades físico-químicas, siendo el tratamiento T1, PEAT MOSS + COCO, el que presentó la mejor combinación de estas propiedades, comparado con el testigo T0, PEAT MOSS.

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron en la investigación.

4.1 Diámetro del tallo

El crecimiento del diámetro del tallo en los cuatro tratamientos evaluados, fue tomado a los 90 y 150 días después del trasplante al tubete (Ver Figura 18). A continuación en el cuadro 4, se presenta el promedio del diámetro del tallo de los tratamientos.

Cuadro 4. Promedio del diámetro del tallo de plántulas de hule en milímetros

| Tratamiento | Sustrato | I | II | III | IV | Total | Media |
|-------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------|
| 0 | PEAT MOSS | 13.16 | 13.13 | 13.00 | 12.50 | 51.79 | 12.95 |
| 1 | PEAT MOSS + COCO | 14.47 | 14.50 | 14.00 | 14.38 | 57.35 | 14.34 |
| 2 | PEAT MOSS + BAGASO DE CAÑA | 12.90 | 13.00 | 12.00 | 12.60 | 50.50 | 12.63 |
| 3 | COCO + BAGASO DE CAÑA | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 56.00 | 14.00 |
| | Total | 54.53 | 54.63 | 53.00 | 53.48 | 215.64 | |
| | Media | 13.63 | 13.66 | 13.25 | 13.37 | | 13.48 |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 4, se observa que la media más alta en el diámetro de las plantas de hule, se obtuvo con el tratamiento número 1, mezcla PEAT MOSS + COCO con una media de 14.34 milímetros, seguido del tratamiento 3, mezcla COCO + BAGAZO DE CAÑA con una media de 14.00 milímetros, en tercer lugar está el tratamiento 0, que es el testigo constituido por PEAT MOSS con una media de 12.95 milímetros y por último se encuentra el tratamiento 2, mezcla PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA con una media de 12.63 milímetros.

Los mejores resultados obtenidos en el desarrollo del diámetro del tallo los presentaron los tratamientos T1, PEAT MOSS + COCO y T3, COCO + BAGAZO DE CAÑA, lo cual estableció que fisiológicamente la planta responde muy bien a estas mezclas de sustratos, debido a las propiedades físico-químicas que estas mezclas presentan, las cuales se encuentran dentro del rango óptimo establecido por García (6).

La mejor conformación del diámetro de tallo puede explicarse por la adecuada disponibilidad de agua y nutrientes dada por la capacidad físico-química que presentaron estos tratamientos, ya que poseen una mayor retención de agua lo cual se refleja en una mayor disponibilidad de nutrientes para la plántula.

El análisis de laboratorio (Ver cuadro 3), también reportó como mejor sustrato el que se utilizó en el tratamiento 1, PEAT MOSS + COCO con una relación de mezcla 1:1. Tiene un alto contenido de materia orgánica 95%, la materia orgánica posee una gran capacidad de intercambio catiónico por los grupos carboxílicos que contiene. Asimismo, su pH de 6 fue el más alto, comparado con los demás y de acuerdo con Núñez (15), cuanto más alto es el pH más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Presentó una mayor disponibilidad de agua, duplicando al testigo, lo que se vio reflejado en el incremento del diámetro del tallo.

En base a los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza para establecer estadísticamente si existe diferencia significativa, lo cual a continuación se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la respuesta diámetro del tallo de plántulas de hule en milímetros

| FV | GL | SC | CM | F.C | F.T | | SIG |
|--------------|----|------|------|-------|------|------|-----|
| | | | | | 5% | 1% | |
| Tratamientos | 3 | 8.08 | 2.69 | 42.55 | 3.86 | 6.99 | ** |
| Bloques | 3 | 0.48 | 0.16 | 2.52 | 3.86 | 6.99 | NS |
| Error | 9 | 0.57 | 0.06 | | | | |
| Total | 15 | 9.13 | | | | | |

Fuente: Investigación 2015.

C.V. = 1.87%.

** = Alta significancia.

* = Significancia.

NS = No significativo.

En el análisis de varianza del cuadro 4, se determinó que existe alta significancia estadística entre los tratamientos evaluados en la variable diámetro del tallo y en bloques no existió significancia. El coeficiente de variación que registro un valor de 1.87% se considera que es aceptable y su bajo valor nos indica que la investigación fue manejada correctamente, provocando que el error disminuyera considerablemente.

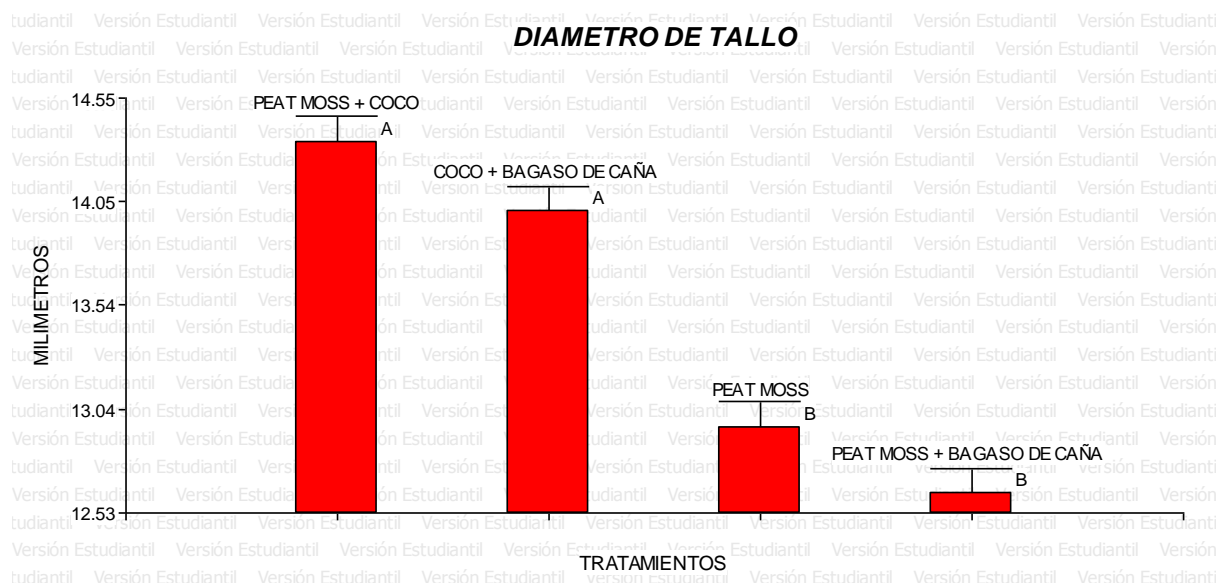
Para poder discriminar en los 4, tratamientos y seleccionar el sobresaliente se utilizó la prueba de Tukey como comparador de medias, con un nivel del 5% de significancia, detallado en el cuadro 6.

Cuadro 6. Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la variable de respuesta diámetro del tallo de plántulas de hule en milímetros

| Tratamiento | Promedio milímetros | Grupo de Tukey |
|-------------|---------------------|----------------|
| 1 | 14.34 | A |
| 3 | 14.00 | A |
| 0 | 12.95 | B |
| 2 | 12.63 | B |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 6, se presentan las pruebas de medias en donde se han formado dos grupos estadísticos, en el grupo A están los tratamiento 1, mezcla PEAT MOSS + COCO y tratamiento 3, mezcla COCO + BAGAZO DE CAÑA, prueban que son superiores al grupo B, lo que demuestra que existió alta significancia para rechazar la hipótesis nula que literalmente dice: "Ninguno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia estadística significativa en la altura y diámetro de plantas de hule".

Figura 1. Promedio del diámetro del tallo de plántulas de hule en milímetros

Fuente: Investigación 2015.

En la figura 1, se observan los promedios de los cuatro tratamientos, el tratamiento 1, PEAT MOSS + COCO, con un promedio de 14.34 milímetros, el tratamiento 3, COCO + BAGAZO DE CAÑA, con un promedio de 14.00 milímetros, el tratamiento 0, PEAT MOSS, con un promedio de 12.95 milímetros y el tratamiento 2, PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA, con un promedio de 12.63 milímetros.

4.2 Altura de planta

La altura de la planta de los cuatro tratamientos evaluados, fue tomada a los 90 y 150 días después del trasplante al tubete (Ver Figura 19). A continuación en el cuadro 7, se presenta el promedio de la altura de la planta de los tratamientos.

Cuadro 7. Promedio de altura de tallo de plántulas de hule en centímetros

| Tratamiento | Sustrato | I | II | III | IV | Total | Media |
|--------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 0 | PEAT MOSS | 60.63 | 59.80 | 59.70 | 61.03 | 241.16 | 60.29 |
| 1 | PEAT MOSS + COCO | 64.33 | 63.30 | 62.70 | 65.41 | 255.74 | 63.94 |
| 2 | PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA | 54.70 | 56.55 | 57.00 | 56.18 | 224.43 | 56.11 |
| 3 | COCO + BAGAZO DE CAÑA | 62.80 | 64.50 | 63.43 | 64.11 | 254.84 | 63.71 |
| Total | | 242.46 | 244.15 | 242.83 | 246.73 | 976.17 | |
| Media | | 60.62 | 61.04 | 60.71 | 61.68 | | 61.01 |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 7, se observa que la media más alta en la altura de las plantas de hule, se obtuvo con el tratamiento número 1, mezcla PEAT MOSS + COCO con una media de 63.94 centímetros, seguido del tratamiento 3, mezcla COCO + BAGAZO DE CAÑA con una media de 63.71 centímetros, en tercer lugar está el tratamiento 0, que es el testigo constituido por PEAT MOSS con una media de 60.29 centímetros y por

último se encuentra el tratamiento 2, mezcla PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA con una media de 56.11 centímetros.

Los mejores resultados obtenidos en el desarrollo de la altura de tallo los presentaron los tratamientos T1, PEAT MOSS + COCO y T3, COCO + BAGAZO DE CAÑA, lo cual estableció que fisiológicamente la planta responde muy bien a estas mezclas de sustratos, debido a las propiedades físico-químicas que estas mezclas presentan, las cuales se encuentran dentro del rango óptimo establecido por García (6).

El mayor crecimiento del tallo puede explicarse por la adecuada disponibilidad de agua y nutrientes dada por la capacidad físico-química que presentaron estos tratamientos, ya que poseen una mayor retención de agua lo cual se refleja en una mayor disponibilidad de nutrientes para la plántula.

El análisis de laboratorio (Ver cuadro 3), también reportó como mejor sustrato el que se utilizó en el tratamiento 1, PEAT MOSS + COCO con una relación de mezcla 1:1. Tiene un alto contenido de materia orgánica 95%, la materia orgánica posee una gran capacidad de intercambio catiónico por los grupos carboxílicos que contiene. Asimismo, su pH de 6 fue el más alto comparado con los demás y de acuerdo con Núñez (15), cuanto más alto es el pH más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Presentó una mayor disponibilidad de agua duplicando al testigo, lo que se vio reflejado en el incremento de la altura de la planta.

En base a los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza para establecer estadísticamente si existe diferencia significativa, lo cual a continuación se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la respuesta altura de tallo de plántulas de hule en centímetros

| FV | GL | SC | CM | F.C | F.T | | SIG |
|--------------|----|--------|-------|------|------|------|-----|
| | | | | | 5% | 1% | |
| Tratamientos | 3 | 161.59 | 53.86 | 65.7 | 3.86 | 6.99 | * * |
| Bloques | 3 | 2.8 | 0.93 | 1.14 | 3.86 | 6.99 | NS |
| Error | 9 | 7.38 | 0.82 | | | | |
| Total | 15 | 171.77 | | | | | |

Fuente: Investigación 2015.

C.V. = 1.48%.

* * = Alta significancia.

* = Significancia.

NS = No significativo.

En el análisis de varianza del cuadro 8, se estableció que existe alta significancia estadística entre los tratamientos evaluados en la variable altura de planta y en bloques no existió significancia. El coeficiente de variación que registro un valor de 1.48% se considera que es aceptable y su bajo valor nos indica que la

investigación fue manejada correctamente, provocando que el error disminuyera considerablemente.

Para poder discriminar en los 4 tratamientos y seleccionar el sobresaliente se utilizó la prueba de Tukey como comparador de medias, con un nivel del 5% de significancia, detallado en el cuadro 9.

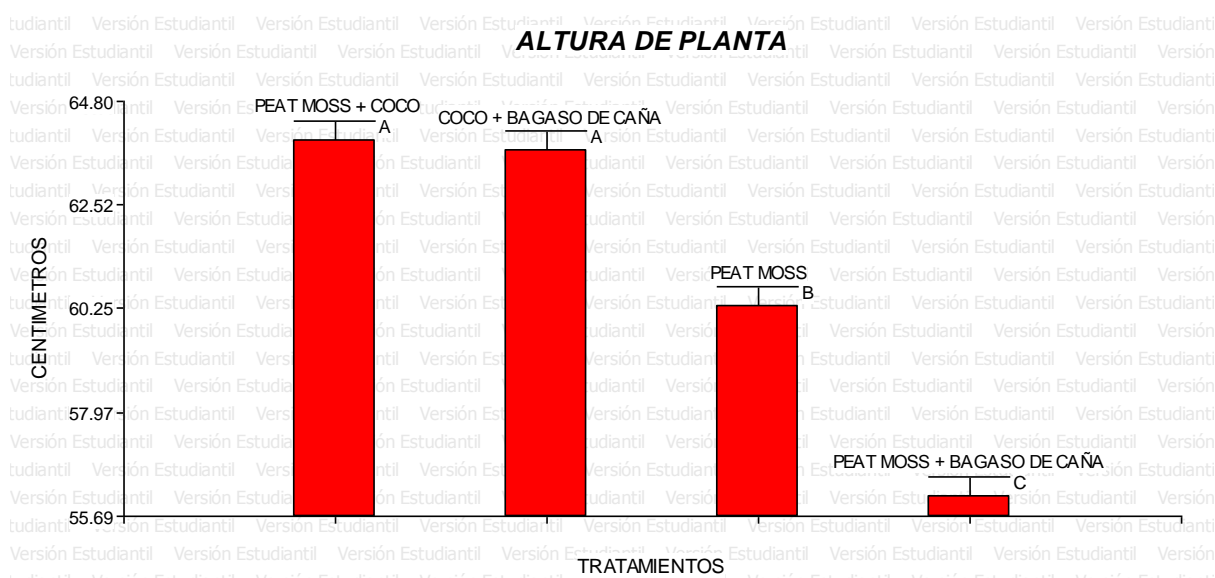
Cuadro 9. Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la variable de respuesta altura de tallo de plántulas de hule en centímetros

| Tratamiento | Promedio centímetros | Grupo de Tukey |
|-------------|----------------------|----------------|
| 1 | 63.94 | A |
| 3 | 63.71 | A |
| 0 | 60.29 | B |
| 2 | 56.11 | C |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 9, se presentan las pruebas de medias en donde se han formado tres grupos estadísticos, el tratamiento 1, mezcla PEAT MOSS + COCO y tratamiento 3, mezcla COCO + BAGAZO DE CAÑA, prueban que son superiores a los demás tratamientos, lo que demuestra que existió alta significancia para rechazar la hipótesis nula que literalmente dice: “Ninguno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia estadística significativa en la altura y diámetro de plantas de hule”, formando tres grupos estadísticamente diferentes.

Figura 2. Promedio de altura del tallo de plántulas de hule en centímetros



Fuente: Investigación 2015.

En la figura 2, se observan los promedios de los cuatro tratamientos, el tratamiento 1, PEAT MOSS + COCO, con un promedio de 63.94 centímetros, tratamiento 3, COCO + BAGAZO DE CAÑA, con un promedio de 63.71 centímetros, el tratamiento 0, PEAT MOSS, con un promedio de 60.29 centímetros y el tratamiento 2, PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA, con un promedio de 56.11 centímetros.

4.3 Peso seco aéreo

Para la cuantificación de estas variables, se realizaron las determinaciones en el laboratorio de suelos de la división de Ciencia y Tecnología -CYT- del Centro Universitario de Occidente -CUNOC-, donde se tomaron los valores en peso seco promedio de las plantas de hule de cada tratamiento en gramos, a los 90 y 150 días después del trasplante al tubete (Ver Figura 20). A continuación en el cuadro 10, se presenta el promedio del peso seco de la parte aérea de los tratamientos.

Cuadro 10. Promedio del peso seco aéreo de plántulas de hule en gramos

| Tratamiento | Sustrato | I | II | III | IV | Total | Media |
|-------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------|
| 0 | PEAT MOSS | 21.10 | 21.33 | 20.80 | 21.10 | 84.33 | 21.08 |
| 1 | PEAT MOSS + COCO | 22.40 | 24.66 | 24.50 | 24.03 | 95.59 | 23.90 |
| 2 | PEAT MOSS + BAGASO DE CAÑA | 16.80 | 16.42 | 15.88 | 15.80 | 64.90 | 16.23 |
| 3 | COCO + BAGASO DE CAÑA | 20.30 | 20.50 | 20.48 | 20.00 | 81.28 | 20.32 |
| | Total | 80.60 | 82.91 | 81.66 | 80.93 | 326.10 | |
| | Media | 20.15 | 20.73 | 20.42 | 20.23 | | 20.38 |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 10, se observa que la media más alta en el peso seco de la parte aérea de las plantas de hule, se obtuvo con el tratamiento número 1, mezcla PEAT MOSS + COCO con una media de 23.90 gramos, seguido del tratamiento 0, que es el testigo constituido por PEAT MOSS con una media de 21.08 gramos, en tercer lugar está el tratamiento 3, mezcla COCO + BAGAZO DE CAÑA con una media de 20.32 gramos y por último se encuentra el tratamiento 2, mezcla PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA con una media de 16.23 gramos.

El mejor resultado obtenido en el desarrollo del peso seco aéreo de las plantas lo presentó el tratamiento T1, PEAT MOSS + COCO, lo cual estableció que fisiológicamente la planta responde muy bien a esta mezcla de sustratos, debido a las propiedades físico-químicas que esta mezcla presenta, la cual se encuentra dentro del rango óptimo establecido por García (6).

El mejor peso aéreo se debe a una mejor conformación del diámetro y altura del tallo lo cual se puede observar en las variables anteriormente evaluadas.

En base a los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza para establecer estadísticamente si existe diferencia significativa, lo cual a continuación se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la respuesta peso seco aéreo de plántulas de hule en gramos

| FV | GL | SC | CM | F.C | F.T | | SIG |
|--------------|----|--------|-------|--------|------|------|-----|
| | | | | | 5% | 1% | |
| Tratamientos | 3 | 120.54 | 40.18 | 106.71 | 3.86 | 6.99 | * * |
| Bloques | 3 | 0.79 | 0.26 | 0.70 | 3.86 | 6.99 | NS |
| Error | 9 | 3.39 | 0.38 | | | | |
| Total | 15 | 124.71 | | | | | |

Fuente: Investigación 2015.

C.V. = 3.01%.

* * = Alta significancia.

* = Significancia.

NS = No significativo.

En el análisis de varianza del cuadro 11, se determinó que existe alta significancia estadística entre los tratamientos evaluados en la variable peso seco aéreo y en bloques no existió significancia. El coeficiente de variación que registró un valor de 3.01% lo cual se considera como aceptable y que el experimento fue manejado de forma adecuada y los resultados logrados son confiables.

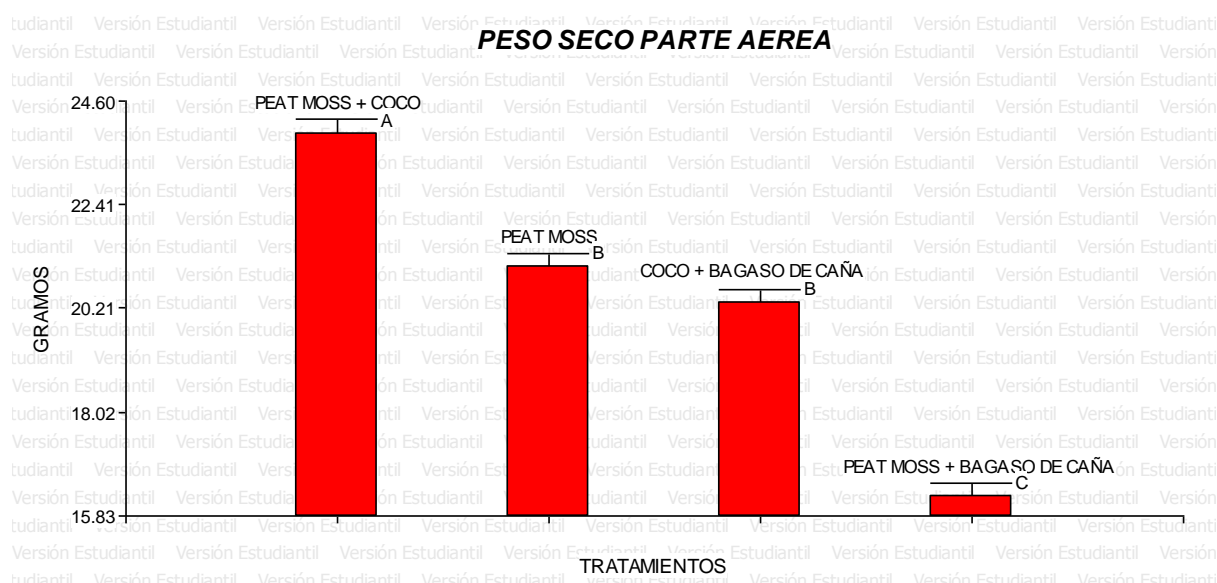
Para poder discriminar en los 4 tratamientos y seleccionar el sobresaliente se utilizó la prueba de Tukey como comparador de medias, con un nivel del 5% de significancia, detallado en el cuadro 12.

Cuadro 12. Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la variable de respuesta peso seco aéreo de plántulas de hule

| Tratamiento | Promedio gramos | Grupo de Tukey |
|-------------|-----------------|----------------|
| 1 | 23.9 | A |
| 0 | 21.08 | B |
| 3 | 20.32 | B |
| 2 | 16.23 | C |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 11, se presentan las pruebas de medias en donde se han formado tres grupos estadísticos, el tratamiento 1, mezcla PEAT MOSS + COCO, prueba que es superior a los demás tratamientos, lo que demuestra que existió alta significancia para rechazar la hipótesis nula que literalmente dice: "Ninguno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia estadística significativa en el peso seco de la parte aérea y radicular de las plantas de hule", formando tres grupos estadísticamente diferentes.

Figura 3. Promedio de peso seco aéreo de plántulas de hule en gramos

Fuente: Investigación 2015.

En la figura 3, se observan los promedios de los cuatro tratamientos, el tratamiento 1, PEAT MOSS + COCO, con un promedio de 23.9 gramos, el tratamiento 0, PEAT MOSS, con un promedio de 21.08 gramos, el tratamiento 3, COCO + BAGAZO DE CAÑA, con un promedio 20.32 gramos y el tratamiento 2 PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA, con un promedio de 16.23 gramos.

4.4 Peso seco radicular

Para la cuantificación de estas variables, se realizaron las determinaciones en el laboratorio de suelos de la división de Ciencia y Tecnología -CYT- del Centro Universitario de Occidente –CUNOC-, donde se tomaron los valores en peso seco promedio de las plantas de cada tratamiento en gramos, a los 90 y 150 días después del trasplante al tubete (Ver Figura 21). A continuación en el cuadro 13, se presenta el promedio del peso seco radicular de los tratamientos.

Cuadro 13. Promedio del peso seco radicular de plántulas de hule en gramos

| Tratamiento | Sustrato | I | II | III | IV | Total | Media |
|--------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 0 | PEAT MOSS | 42.40 | 39.80 | 36.80 | 39.40 | 158.40 | 39.60 |
| 1 | PEAT MOSS + COCO | 44.70 | 45.20 | 48.40 | 47.00 | 185.30 | 46.33 |
| 2 | PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA | 39.73 | 36.50 | 40.80 | 41.13 | 158.16 | 39.54 |
| 3 | COCO + BAGAZO DE CAÑA | 45.20 | 44.40 | 44.60 | 45.08 | 179.28 | 44.82 |
| Total | | 172.03 | 165.90 | 170.60 | 172.61 | 681.14 | |
| Media | | 43.01 | 41.46 | 42.65 | 43.15 | | 42.57 |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 13, se observa que la media más alta en el peso seco de raíces de las plantas de hule, se obtuvo con el tratamiento número 1, mezcla PEAT MOSS + COCO con una media de 46.33 gramos, seguido del tratamiento 3, mezcla COCO + BAGAZO DE CAÑA con una media de 44.82 gramos, en tercer lugar está el

tratamiento 0, que es el testigo constituido por PEAT MOSS con una media de 39.60 gramos y por último se encuentra el tratamiento 2, mezcla PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA con una media de 39.54 gramos.

Los mejores resultados obtenidos en el peso seco radicular los presentaron los tratamientos T1, PEAT MOSS + COCO y T3, COCO + BAGAZO DE CAÑA, lo cual estableció que fisiológicamente la planta responde muy bien a estas mezclas de sustratos, debido a que estas mezclas presentan un medio adecuado para el desarrollo radicular, cuando la raíz tiene un desarrollo libre duplica su longitud, la planta explora un mayor volumen de suelo y está mejor nutrida, debido a que absorbe con mayor facilidad agua y nutrientes.

En base a los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza para establecer estadísticamente si existe diferencia significativa, lo cual a continuación se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la respuesta peso seco radicular de plántulas de hule en gramos

| FV | GL | SC | CM | F.C | F.T | | SIG |
|--------------|----|--------|-------|-------|------|------|-----|
| | | | | | 5% | 1% | |
| Tratamientos | 3 | 148.66 | 49.55 | 14.24 | 3.86 | 6.99 | * * |
| Bloques | 3 | 6.94 | 2.31 | 0.67 | 3.86 | 6.99 | NS |
| Error | 9 | 31.31 | 3.48 | | | | |
| Total | 15 | 186.91 | | | | | |

Fuente: Investigación 2015.

C.V. = 4.38%

* * = Alta significancia.

* = Significancia.

NS = No significativo.

En el análisis de varianza del cuadro 14, se determinó que existe alta significancia estadística entre los tratamientos evaluados en la variable peso seco radicular y en bloques no existió significancia. El coeficiente de variación que registró un valor de 4.38% lo cual se considera como aceptable y que el experimento fue manejado de forma adecuada y los resultados logrados son confiables.

Para poder discriminar en los 4 tratamientos y seleccionar el sobresaliente se utilizó la prueba de Tukey como comparador de medias, con un nivel del 5% de significancia, detallado en el cuadro 15.

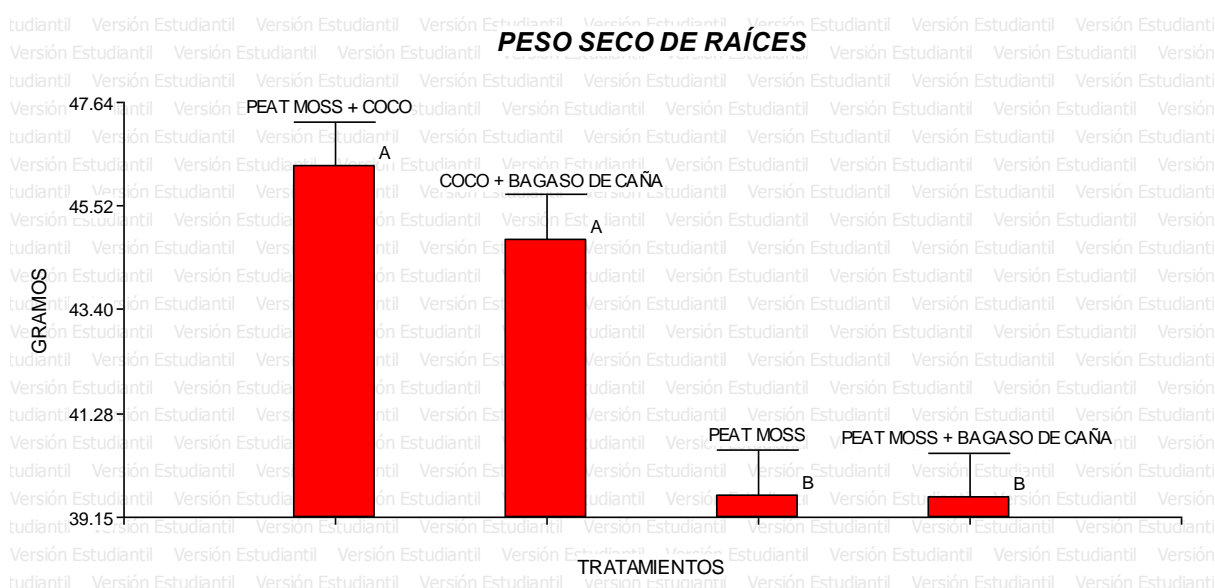
Cuadro 15. Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la variable de respuesta peso seco radicular de plántulas de hule

| Tratamiento | Promedio gramos | Grupo de Tukey |
|-------------|-----------------|----------------|
| 1 | 46.33 | A |
| 3 | 44.82 | A |
| 0 | 39.6 | B |
| 2 | 39.54 | B |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 15, se presentan las pruebas de medias en donde se han formado dos grupos estadísticos, el tratamiento 1, mezcla PEAT MOSS + COCO y el tratamiento 3, mezcla COCO + BAGAZO DE CAÑA, prueban que son superiores a los demás tratamientos, lo que demuestra que existió alta significancia para rechazar la hipótesis nula que literalmente dice: “Ninguno de los tratamientos evaluados, presentará diferencia estadística significativa en el peso seco de la parte aérea y radicular de las plantas de hule”, formando dos grupos estadísticamente diferentes.

Figura 4. Promedio del peso seco radicular de plántulas de hule en gramos



Fuente: Investigación 2015.

En la figura 4, se observan los promedios de los cuatro tratamientos, el tratamiento 1, PEAT MOSS + COCO, con un promedio de 46.33 gramos, tratamiento 3, COCO + BAGAZO DE CAÑA, con un promedio 44.82 gramos, el tratamiento 0, PEAT MOSS, con un promedio de 39.60 gramos y el tratamiento 2, PEAT MOSS + BAGAZO DE CAÑA, con un promedio de 39.54 gramos.

4.5 Análisis económico

La eficiencia de cada uno de los tratamientos evaluados se calculó tomando en cuenta los costos de producción como insumos y mano de obra, estos costos de producción fueron comparados con los ingresos.

El cuadro 16, corresponde a los costos de producción de las plántulas de hule, según tratamientos evaluados, muestra que, para el tratamiento T0 (testigo) tiene un costo mayor de insumos, mientras que para el tratamiento T1 tiene un costo menor de insumos, dicha diferencia es debido a que, en el tratamiento T0 se necesitan más kilos de sustrato ya que solo se llenan 6 tubetes con un kilogramo de sustrato, mientras que en el tratamiento T1 se llenan 12 tubetes por kilogramo, teniendo un costo de producción para el tratamiento T0 de Q 8.42, a diferencia del tratamiento T1 que es de Q 7.86.

Cuadro 16. Costo de producción para 5000 Plántulas de Hule, según tratamientos evaluados, Suchitepéquez 2014

| Tratamientos | No. de Jornales | COSTO DE PRODUCCIÓN | | | Costo de producción por plántula en Quetzales |
|--------------|-----------------|---------------------------|----------------------|--|---|
| | | Mano de obra en Quetzales | Insumos en Quetzales | Costo total de producción en Quetzales | |
| T0 | 165 | 12,988.80 | 29,099.74 | 42,088.54 | 8.42 |
| T1 | 165 | 12,988.80 | 26,318.49 | 39,307.29 | 7.86 |
| T2 | 165 | 12,988.80 | 26,905.30 | 39,894.10 | 7.98 |
| T3 | 165 | 12,988.80 | 26,276.83 | 39,265.63 | 7.85 |

Fuente: Investigación 2015.

En el cuadro 17, se refiere a la rentabilidad por ciclo de producción para plántulas de hule, observamos que para los 4 tratamientos se obtuvo rentabilidad ya que ninguno de los costos de producción superaron los ingresos, lo que explica que los tratamientos evaluados han proporcionado sostenibilidad para el almacigo de la Finca Cuchilla, Ingenio Magdalena.

Cuadro 17. Rentabilidad por ciclo de producción para un total de 5000 plántulas de hule, según tratamientos evaluados, Suchitepéquez 2014

| Tratamientos | Ingresos en Quetzales* | Egresos en Quetzales | Utilidad en Quetzales | Rentabilidad en porcentaje |
|--------------|------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| T0 | 80,000.00 | 42,088.54 | 37,911.46 | 90.08 |
| T1 | 80,000.00 | 39,307.29 | 40,692.71 | 103.52 |
| T2 | 80,000.00 | 39,894.10 | 40,105.90 | 100.53 |
| T3 | 80,000.00 | 39,265.63 | 40,734.37 | 103.74 |

Fuente: Investigación 2015.

* Precio promedio de venta por plántula: Q 16.00 (valor correspondiente al precio de venta de fincas productoras del área.)

En el cuadro 17, se muestra que los cuatro tratamientos presentaron rentabilidad, sin embargo los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron rentabilidad más alta en comparación al testigo, siendo, los tratamientos T1 y T3 los que presentaron mejor rentabilidad, existiendo una diferencia de 13.66% más que el testigo.

La diferencia de los tratamientos T1 y T3 con el testigo es debido a que se necesitan menos insumos como lo es la cantidad de kilos de mezcla de sustrato ya que se llenan más tubetes por kilo de mezcla de sustrato.

Los cuatro tratamientos presentaron una rentabilidad mayor a la tasa bancaria las que a su vez dependen del monto depositado y que en términos generales oscilan según cuadro 18.

Cuadro 18. Tasa de interés bancario, según monto depositado

| Monto depositado en Quetzales | Tasa nominal anual % | Tasa neta anual % |
|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| De 30000.01 a 40000.00 | 5.50 | 4.95 |
| De 40000.01 a 50000.00 | 5.67 | 5.10 |

Fuente: Promedio de tasas de interés de los bancos: Banco de Desarrollo Rural, Banco Agro Mercantil y Cooperativa Cosami.

Entendiéndose por tasa nominal, como aquel porcentaje que una institución financiera se compromete a pagar, sin incluir el descuento de operaciones financieras y tasa neta es aquella que incluye el 10% de descuento por la realización de operaciones financieras y que es aplicado al monto depositado.

Si los costos de producción de los tratamientos evaluados, fueran colocados en un banco del sistema a un plazo fijo de 5 meses, con una tasa de interés de acuerdo con el monto depositado, se obtendrían los siguientes resultados, que se listan en el cuadro 19.

Cuadro 19. Rentabilidad de los tratamientos evaluados según tasa de interés bancario

| Tratamientos | Monto depositado según costos de producción en Quetzales | Tasa nominal anual % | Tasa neta anual % | Utilidad anual en Quetzales | Utilidad según ciclo de producción en Quetzales | Rentabilidad % |
|---------------------|---|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|-----------------------|
| T0 | 42,088.54 | 5.67 | 5.10 | 2,146.52 | 17,536.89 | 41.67 |
| T1 | 39,307.29 | 5.50 | 4.95 | 1,945.71 | 16,378.04 | 41.67 |
| T2 | 39,307.29 | 5.50 | 4.95 | 1,945.71 | 16,378.04 | 41.67 |
| T3 | 39,265.63 | 5.50 | 4.95 | 1,943.65 | 16,360.68 | 41.67 |

Fuente: Investigación 2015.

Según el cuadro 19, se deduce que, para los cuatro tratamientos es más rentable producir con las mezclas de los sustratos evaluados plántulas de hule, que depositar el dinero en una institución financiera a plazo fijo ya que se obtiene una mejor rentabilidad (Ver figuras 5 y 6).

5. CONCLUSIONES

- 5.1** La mejor mezcla de sustratos para la producción de plántulas de hule en tubetes, es la mezcla del tratamiento T1 Peat moss + fibra de coco, existiendo alta significancia en las variables diámetro de tallo y de altura de planta en comparación con el testigo Peat moss, existiendo una diferencia de diámetro de tallo de 1.39 milímetros y de altura de planta de 3.65 centímetros, entre ambos tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula número uno.
- 5.2** La mejor mezcla de sustratos para la producción de plántulas de hule en tubetes, es la de la mezcla del tratamiento T1 Peat moss + fibra de coco, existiendo mayor diferencia en peso seco aéreo y peso seco radicular en comparación con el testigo Peat moss, existiendo una diferencia de peso seco aéreo de 2.82 gramos y de peso seco radicular de 6.73 gramos, entre ambos tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula número dos.
- 5.3** El tratamiento que presentó la mayor rentabilidad con respecto al testigo fue el tratamiento T1 Peat moss + fibra de coco, ya que presentó una diferencia de Q 0.56 por plántula, obteniendo una rentabilidad del 13.44 % más que el testigo, por lo que se rechaza la hipótesis nula número tres.

6. RECOMENDACIONES

- 6.1** Utilizar la mezcla de los sustratos del tratamiento T1 Peat moss + fibra de coco en tubetes con una relación de mezcla de 1:1 para la producción de plántulas de hule puesto que las plantas producidas con este tratamiento presentaron mejores características en diámetro y altura de tallo.
- 6.2** Utilizar la mezcla de los sustratos del tratamiento T1 Peat moss + fibra de coco en tubetes con una relación de mezcla de 1:1 para la producción de plántulas de hule puesto que las plantas producidas con este tratamiento presentaron mejores características en peso seco de la parte aérea y radicular.
- 6.3** Utilizar la mezcla de los sustratos del tratamiento T1 Peat moss + fibra de coco en tubetes con una relación de mezcla de 1:1 para la producción de plántulas de hule puesto que las plantas producidas con este tratamiento presentaron un costo de producción más bajo.

7. BIBLIOGRAFÍA

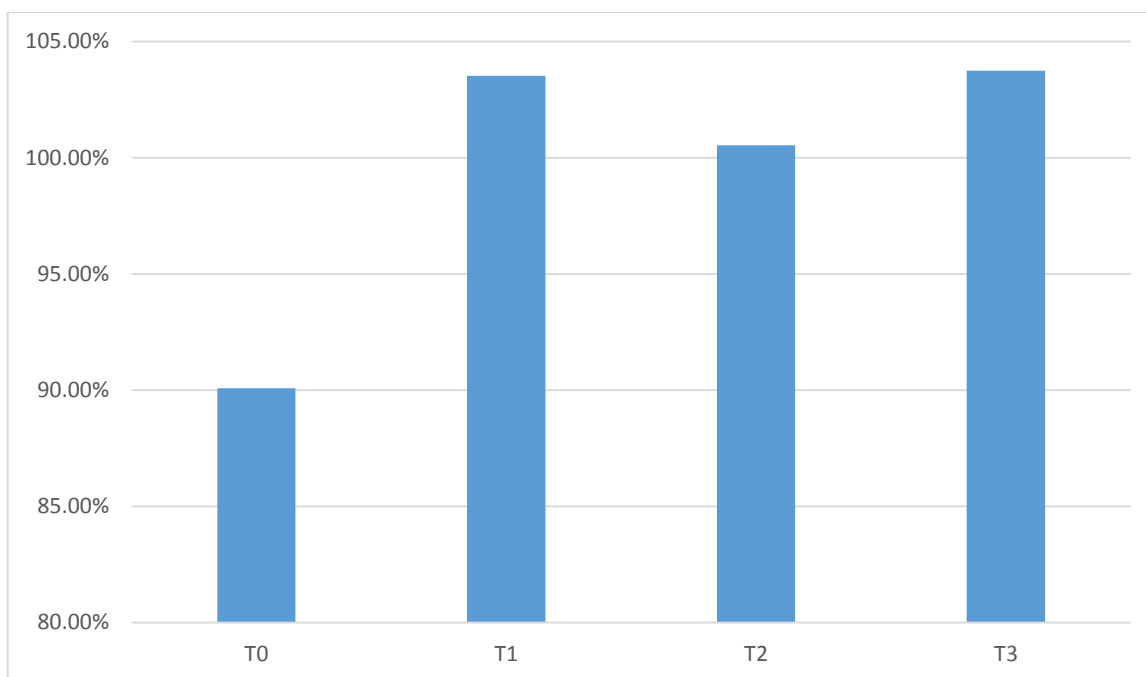
1. Bracamonte U. 2008. Tecnología de tubete, innovación en la producción forestal (en línea). Consultado 14 de ago. 2014. Disponible en <http://www.deguate.com/artman/publish/actualidad-ecologica/tecnologia-de-tubete-innovacion-en-la-produccion-forestal.shtml#.VUGEmyFViko>
2. Calderón, A. 2006. Sustratos agrícolas (en línea). Chile, Proyecto Fondef D011063. 10 p. Consultado 15 ene. 2014. Disponible en <http://www.biosustratos.cl/pdf/Sustratos%20agricolas1.pdf>
3. Chen, R. 1996. Evaluación del comportamiento de 25 clones de hule (*Hevea brasiliensis*) en pequeña escala en la zona norte de Guatemala estación de fomento Navajoa, DIGESA, Morales, Izabal. Investigación Inferencial EPSA. Guatemala, USAC. 27 p.
4. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento basado en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. Gallo, R; Viana, O. 2005. Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate *Lycopersicum esculentum* (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, UY, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 80 p. Consultado 16 ene. 2010. Disponible en <http://164.73.52.13/iah/textostesis/2005/3363gal1.pdf>
6. García, M. 2006. Sustratos para la producción de plantines hortícolas (en línea). Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento Producción Vegetal Centro Regional Sur. 6 p. Consultado 14 ago. 2014. Disponible en <http://tesis.de/Sustratos%20organicos%20horticultura.pdf>
7. González Douma, H. 2000. Evaluación a la resistencia de (*Microcyclus ulei*) (P. Henn) Varx, de 25 clones de hule (*Hevea brasiliensis* Muell) durante su tercer año de crecimiento, en condiciones del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 46 p.
8. GREMHULE (Gremial de Huleros, GT). 1998. Estadísticas sobre producción, exportaciones, consumo local del hule, para 1997. Guatemala. XX p.
9. Guzmán L. 2008. Tecnología de tubete, innovación en la producción forestal (en línea). Consultado 14 de ago. 2014. Disponible en <http://www.deguate.com/artman/publish/actualidad-ecologica/tecnologia-de-tubete-innovacion-en-la-produccion-forestal.shtml#.VUGEmyFViko>

10. Hevea brasiliensis; oils (en línea). s.f. s.n.t. Consultado 12 Ago. 2014. Disponible en <http://ifs.plant.ox.ac.uk/fao/tropfeed/data/r505.htm>
11. IICA, CR. 1989. Compendio de agronomía tropical. Costa Rica, Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. Tomo 2, p. 537–591.
12. INFOAGRO (Información Agrícola, ES). 2010. Cultivo de tomate (en línea). España, Editorial Agrícola Española, S.A. Consultado 14 ago. 2014. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>.
13. Laigneaeum, JC. 1995. Informe técnico, primera misión Viena. Guatemala, Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. s.p.
14. Madegom, E. 1996. Tecnología: el látex de caucho natural (en línea). s.n.t. Consultado 12 Ago. 2014. Disponible en <http://www.cnet.net/madegom/notas.htm>
15. Núñez V. F. 2001. El cultivo de Tomate. Mexico. Ediciones Mundi Prensa. 793 p.
16. Ochse, JJ. et al. 1986. Cultivo y mejoramiento de las plantas tropicales y subtropicales. Trad. Blackanller Alonso. México, Limusa. 828 p.
17. Omont, H. 1996. Nutrición mineral de hevea en Guatemala. Francia, Centre de Coopération Internationales en Recherche Agronomique pour le Developement, Département des Cultures Pérennes, Centre de Traitement de Documents Scientifiques. s.p.
18. Ovalle, CS. 1996. El cultivo del hule (Hevea brasiliensis). Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas, Centro Experimental Los Brillantes. 65 p.
19. Palencia C. 2000. Manual general del cultivo del hule (*Hevea brasiliensis*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 18 p.
20. Plambeck, J. 1996. Industrial organic chemistry: synthetic rubber (en línea). s.n.t. Consultado 12 Ago. 2014. Disponible en <http://c.chem.ualberta.ca/plambeck/che/p265/p266/06184.htm>
21. Rafi Communique. 1991. Biotechnology and natural rubber: a report on work in progress (en línea). Consultado 12 Ago. 2014. Disponible en <http://www.Charm.net/rafi/19911.htm>
22. Rivano, F. 1992. Informe de misión a Guatemala. Guyana, Centre de Coopération Internationales en Recherche Agronomique pur le Developement, Department des Cultures Pérennes. s.p.

23. Simmons, CS; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
24. Tello Cano, GV. 1993. Evaluación de cuatro concentraciones de ácido Z-cloroetilfosfónico en cuatro intensidades de pica sobre la producción de hule (*Hevea brasiliensis*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 87 p.

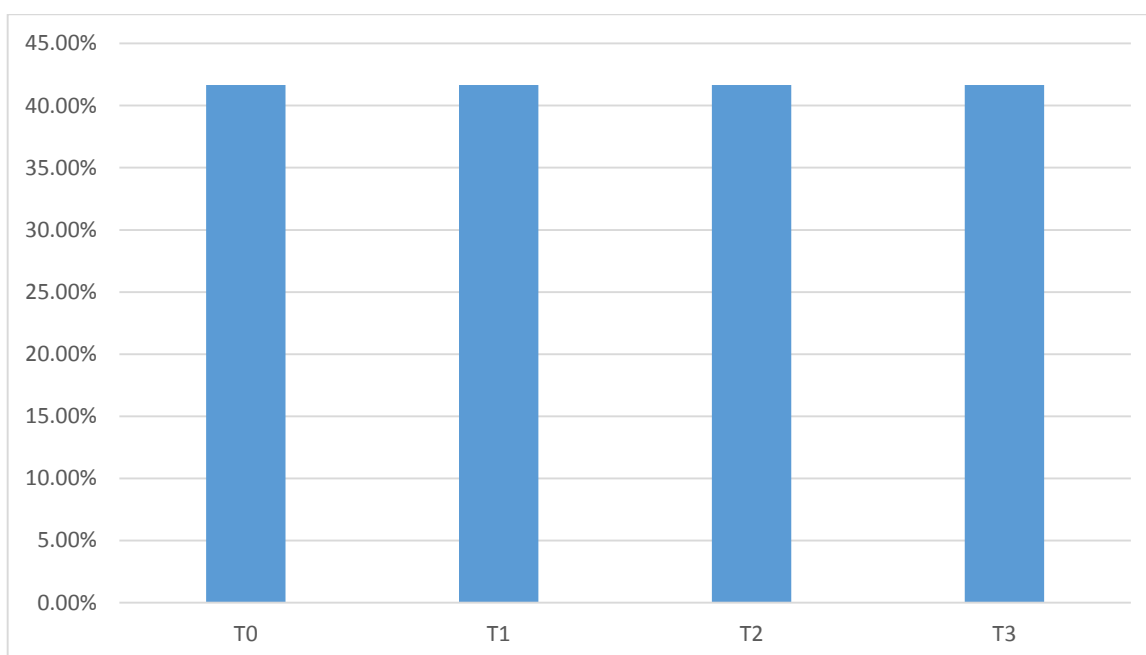
8. ANEXOS

Figura 5 Rentabilidad por ciclo de producción para un total de 5000 plántulas de hule, según tratamientos evaluados, Suchitepéquez 2014



Fuente: Investigación 2015.

Figura 6 Rentabilidad de los tratamientos evaluados según tasa de interés bancario



Fuente: Investigación 2015.

Cuadro 20 Costo de producción para 5000 plántulas de hule, utilizando el sustrato Peat moss (testigo, T0)

| CONCEPTO | | | | UNIDAD | No. DE UNIDADES | COSTO UNIDAD EN Q. | TOTAL EN Q. |
|-----------------------------|---------|---------------|--------------|-----------|-----------------|---------------------|-------------|
| Fertilizantes | Soluble | TECHNIGRO | 9 - 45 - 15 | Libra | 11.035 | 14.56 | 160.67 |
| | | | 20 - 18 - 20 | Libra | 22.070 | 13.45 | 296.85 |
| | | | 11 - 60 - 0 | Libra | 12.402 | 17.97 | 222.87 |
| | Foliar | METALOSATE | Kr-ESE | Litro | 0.521 | 180.00 | 93.75 |
| | | | | Litro | 0.083 | 240.00 | 20.00 |
| Fungicidas | | PRONTO | | Kilogramo | 0.031 | 150.00 | 4.69 |
| | | NATIVO | | Kilogramo | 0.042 | 1,647.06 | 68.63 |
| | | PILARICH | | Kilogramo | 0.052 | 120.00 | 6.25 |
| Insecticidas | | CYPERMETHRINA | | Litro | 0.052 | 90.00 | 4.69 |
| | | LANNATE | | Litro | 0.031 | 150.00 | 4.69 |
| Sustrato | | Peat moss | | Kilogramo | 834.000 | 7.70 | 6,421.80 |
| MANO DE OBRA | | | | Jornal | 165.000 | 78.72 | 12,988.80 |
| TOCONES | | | | Unidad | 5000.000 | 4.00 | 20,000.00 |
| TUBETES* | | | | Unidad | 5000.000 | 0.31 | 1,550.00 |
| ESTRUCTURA** | | | | Unidad | 10.000 | 50.00 | 500.00 |
| Fuente: Investigación 2015. | | | | | | TOTAL | 42,343.68 |
| | | | | | | COSTO UNIDAD | 8.47 |

* El costo de los tubetes se consideró la vida útil del mismo = 10 años.

** El costo de la estructura se consideró la vida útil de la misma = 5 años.

Cuadro 21 Costo de producción para 5000 plántulas de hule, utilizando la mezcla de sustrato Peat moss + fibra de coco (T1)

| CONCEPTO | | | | UNIDAD | No. DE UNIDADES | COSTO UNIDAD EN Q. | TOTAL EN Q. |
|-----------------------------|---------|---------------------------|--------------|-----------|-----------------|---------------------|-------------|
| Fertilizantes | Soluble | TECHNIGRO | 9 - 45 - 15 | Libra | 11.035 | 14.56 | 160.67 |
| | | | 20 - 18 - 20 | Libra | 22.070 | 13.45 | 296.85 |
| | | | 11 - 60 - 0 | Libra | 12.402 | 17.97 | 222.87 |
| | Foliar | METALOSATE | Kr-ESE | Litro | 0.521 | 180.00 | 93.75 |
| | | | | Litro | 0.083 | 240.00 | 20.00 |
| Fungicidas | | PRONTO | | Kilogramo | 0.031 | 150.00 | 4.69 |
| | | NATIVO | | Kilogramo | 0.042 | 1,647.06 | 68.63 |
| | | PILARICH | | Kilogramo | 0.052 | 120.00 | 6.25 |
| Insecticidas | | CYPERMETHRINA | | Litro | 0.052 | 90.00 | 4.69 |
| | | LANNATE | | Litro | 0.031 | 150.00 | 4.69 |
| Sustrato | | Peat moss + Fibra de coco | | Kilogramo | 417.000 | 8.73 | 3,640.41 |
| MANO DE OBRA | | | | Jornal | 165.000 | 78.72 | 12,988.80 |
| TOCONES | | | | Unidad | 5000.000 | 4.00 | 20,000.00 |
| TUBETES* | | | | Unidad | 5000.000 | 0.31 | 1,550.00 |
| ESTRUCTURA** | | | | Unidad | 10.000 | 50.00 | 500.00 |
| Fuente: Investigación 2015. | | | | | | TOTAL | 39,562.29 |
| | | | | | | COSTO UNIDAD | 7.91 |

* El costo de los tubetes se consideró la vida útil del mismo = 10 años.

** El costo de la estructura se consideró la vida útil de la misma = 5 años.

Cuadro 22 Costo de producción para 5000 plántulas de, utilizando la mezcla de sustrato Peat moss + bagazo de caña (T2)

| CONCEPTO | | | UNIDAD | No. DE UNIDADES | COSTO UNIDAD EN Q. | TOTAL EN Q. | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------|---------------|-----------------|--------------------|-------------|--------|
| Fertilizantes | Soluble | TECHNIGRO | 9 - 45 - 15 | Libra | 11.035 | 14.56 | 160.67 |
| | | | 20 - 18 - 20 | Libra | 22.070 | 13.45 | 296.85 |
| | | | 11 - 60 - 0 | Libra | 12.402 | 17.97 | 222.87 |
| | Foliar | | Kr-ESE | Litro | 0.521 | 180.00 | 93.75 |
| | | | METALOSATE | Litro | 0.083 | 240.00 | 20.00 |
| Fungicidas | | | PRONTO | Kilogramo | 0.031 | 150.00 | 4.69 |
| | | | NATIVO | Kilogramo | 0.042 | 1,647.06 | 68.63 |
| | | | PILARICH | Kilogramo | 0.052 | 120.00 | 6.25 |
| Insecticidas | | | CYPERMETHRINA | Litro | 0.052 | 90.00 | 4.69 |
| | | | LANNATE | Litro | 0.031 | 150.00 | 4.69 |
| Sustrato | Peat moss + Bagazo de caña | | Kilogramo | 556.000 | 7.60 | 4,225.60 | |
| MANO DE OBRA | | | Jornal | 165.000 | 78.72 | 12,988.80 | |
| TOCONES | | | Unidad | 5000.000 | 4.00 | 20,000.00 | |
| TUBETES* | | | Unidad | 5000.000 | 0.31 | 1,550.00 | |
| ESTRUCTURA** | | | Unidad | 10.000 | 50.00 | 500.00 | |
| Fuente: Investigación 2015. | | | | | TOTAL | 40,147.48 | |
| COSTO UNIDAD | | | | | | 8.03 | |

* El costo de los tubetes se consideró la vida útil del mismo = 10 años.

** El costo de la estructura se consideró la vida útil de la misma = 5 años.

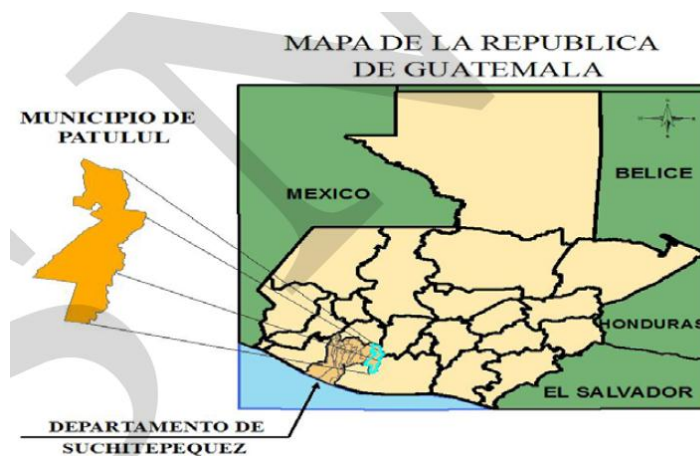
Cuadro 23 Costo de producción para 5000 plántulas de hule, utilizando la mezcla de sustrato fibra de coco + bagazo de caña (T3)

| CONCEPTO | | | | UNIDAD | No. DE UNIDADES | COSTO UNIDAD EN Q. | TOTAL EN Q. |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|-----------|-----------------|--------------------|-------------|
| Fertilizantes | Soluble | TECHNIGRO | 9 - 45 - 15 | Libra | 11.035 | 14.56 | 160.67 |
| | | | 20 - 18 - 20 | Libra | 22.070 | 13.45 | 296.85 |
| | | | 11 - 60 - 0 | Libra | 12.402 | 17.97 | 222.87 |
| | Foliar | | Kr-ESE | Litro | 0.521 | 180.00 | 93.75 |
| | | | METALOSATE | Litro | 0.083 | 240.00 | 20.00 |
| Fungicidas | | PRONTO | | Kilogramo | 0.031 | 150.00 | 4.69 |
| | | NATIVO | | Kilogramo | 0.042 | 1,647.06 | 68.63 |
| | | PILARICH | | Kilogramo | 0.052 | 120.00 | 6.25 |
| Insecticidas | | CYPERMETHRINA | | Litro | 0.052 | 90.00 | 4.69 |
| | | LANNATE | | Litro | 0.031 | 150.00 | 4.69 |
| Sustrato | Fibra de coco + Bagazo de caña | | | Kilogramo | 417.000 | 8.63 | 3,598.71 |
| MANO DE OBRA | | | | Jornal | 165.000 | 78.72 | 12,988.80 |
| TOCONES | | | | Unidad | 5000.000 | 4.00 | 20,000.00 |
| TUBETES* | | | | Unidad | 5000.000 | 0.31 | 1,550.00 |
| ESTRUCTURA** | | | | Unidad | 10.000 | 50.00 | 500.00 |
| Fuente: Investigación 2015. | | | | | | TOTAL | 39,520.59 |
| COSTO UNIDAD | | | | | | 7.90 | |

* El costo de los tubetes se consideró la vida útil del mismo = 10 años.

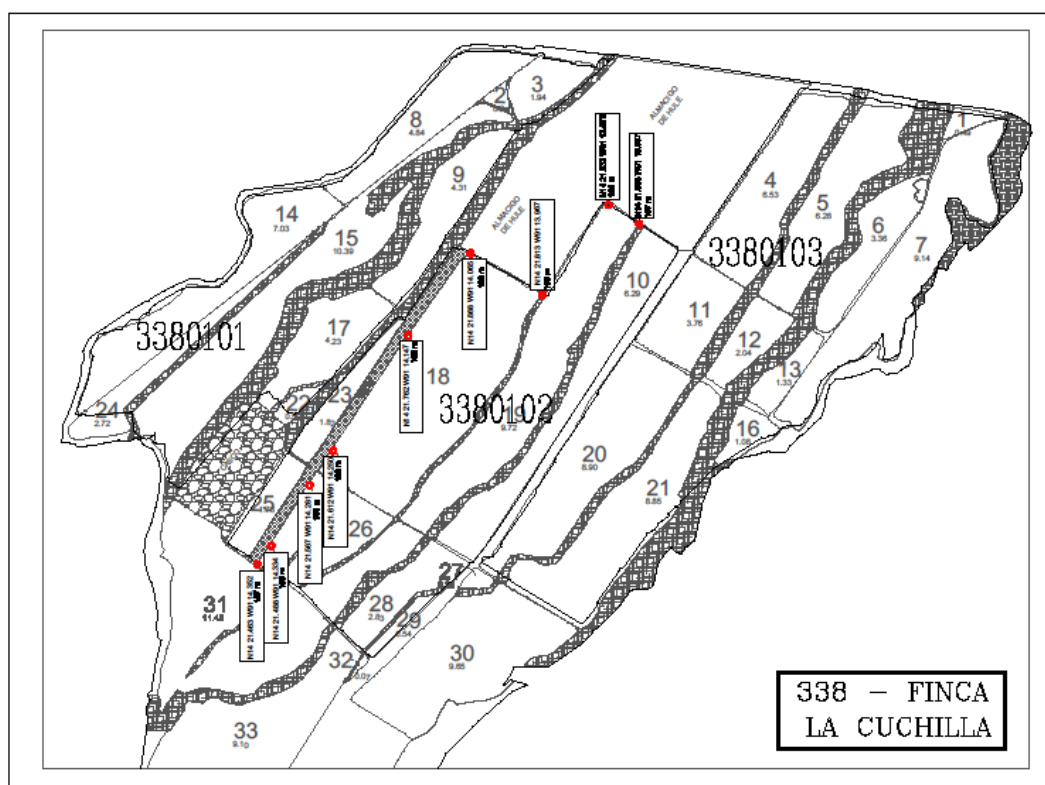
** El costo de la estructura se consideró la vida útil de la misma = 5 años.

Figura 7. Ubicación del municipio de Patulul, Suchitepéquez



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal del municipio de Patulul.

Figura 8. Ubicación del área de la investigación



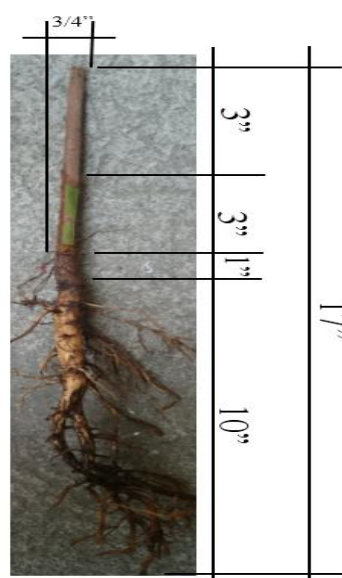
Fuente: Departamento de catastro del Ingenio Magdalena.

Figura 9. Medidas del tubete utilizado en la investigación



Fuente: Investigación 2015.

Figura 10. Medidas del tocón utilizado en la investigación



Fuente: Investigación 2015.

Figura 11. Peat moss



Fuente: Investigación 2015.

Figura 12. Fibra de coco



Fuente: Investigación 2015.

Figura 13. Bagazo de caña



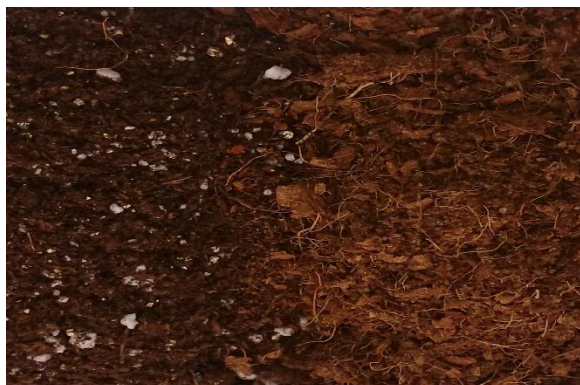
Fuente: Investigación 2015.

Figura 14. Tratamiento 0, 100% Peat moss



Fuente: Investigación 2015.

Figura 15. Tratamiento 1, 50% Peat moss + 50% Fibra de coco



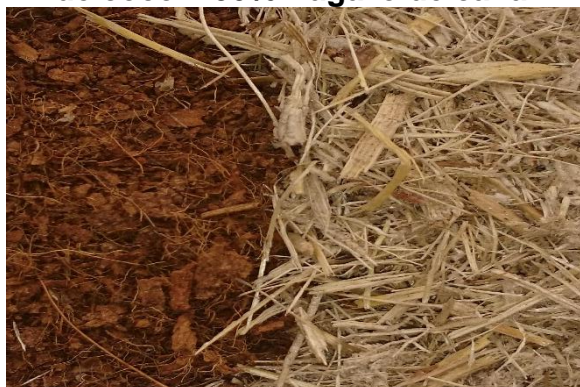
Fuente: Investigación 2015.

Figura 16. Tratamiento 2, 50% Peat moss + 50% Bagazo de caña



Fuente: Investigación 2015.

Figura 17. Tratamiento 3, 50% Fibra de coco + 50% Bagazo de caña



Fuente: Investigación 2015.

Figura 18. Medición del diámetro



Fuente: Investigación 2015.

Figura 19. Medición de altura



Fuente: Investigación 2015.

Figura 20. Peso de la parte aérea



Fuente: Investigación 2015.

Figura 21. Peso de la parte radicular



Fuente: Investigación 2015.

Figura 22. Armado de la estructura



Fuente: Investigación 2015.

Figura 23. Preparación de la mezcla



Fuente: Investigación 2015.

Figura 24. Panorámica bloques



Fuente: Investigación 2015.

Figura 25. Panorámica tratamientos



Fuente: Investigación 2015.

Figura 26. Panorámica



Fuente: Investigación 2015.

