

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“EVALUACIÓN DE CUATRO FERTILIZANTES ORGÁNICOS APLICADOS AL
PANEL DE PICA EN EL CULTIVO DE HULE *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.)
Müll. Arg. EN FINCA SAN JOSÉ LAS VICTORIAS, SAN ANDRÉS VILLA SECA,
RETALHULEU”**

T.P.A. FERNANDO ANTONIO BOSQUE TEJEDA
CARNÉ: 200942081

MAZATENANGO, NOVIEMBRE DE 2018.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“EVALUACIÓN DE CUATRO FERTILIZANTES ORGÁNICOS APLICADOS AL
PANEL DE PICA EN EL CULTIVO DE HULE *Hevea brasilensis* (Willd. ex A. Juss.)
Müll. Arg. EN FINCA SAN JOSÉ LAS VICTORIAS, SAN ANDRÉS VILLA SECA,
RETALHULEU”**

T.P.A. FERNANDO ANTONIO BOSQUE TEJEDA
CARNÉ: 200942081

Ing. Agr. MSc. CARLOS ANTONIO BARRERA ARENALES
REVISOR

MAZATENANGO, NOVIEMBRE DE 2018.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano Director

REPRESENTANTES DE PROFESORES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro Secretario

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejía Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

MSc. Alvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edin Anibal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Mauricio Cajas Loarca
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Rodrigo Almengor Posadas
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez
Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lic. Henrich Herman León
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA

- A DIOS: Por las infinitas oportunidades que me ha brindado en la vida, por permitirme disfrutar cada momento de mi vida y guiarme por el camino que ha trazado para mí.
- A MIS PADRES: Prospero Antonio Bosque Samayoa y Marlys Yojana Tejeda López, por apoyarme en todo lo que me he propuesto, por los consejos que me han regalado y por tanta comprensión que me han tenido.
- A MIS HERMANAS: Emma Patricia y Marlys Yojana, por el apoyo incondicional que me brindaron.
- A MI COMPAÑERA DE VIAJE Silvia Cruz, por la paciencia, consejos y sobre todo por el amor que me tiene.
- A MI HIJO: Santiago Fernando Bosque, mi niño, eres el motor que me impulsa a ser mejor persona por ser el motivo de superación y amor en mi vida.
- A MIS SOBRINAS: Por ser la alegría y energía de la familia.
- A MI FAMILIA EN GENERAL: Por acompañarme en este viaje.

AGRADECIMIENTOS

Me siento agradecido con el cuerpo docente de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical por haber transmitido los conocimientos a través de buenas enseñanzas.

A las personas que me apoyaron durante el transcurso de este ejercicio siendo Luis Rivas, Víctor Hugo Ordoñez, Max Corado, Carlos Barrera y especialmente a mi amigo Josué Salomón Castillo Hernández, siendo las personas claves para este proceso.

A mis compañeros de estudios por los valores que los caracterizan.

Al personal que labora en el departamento del cultivo de hule, por su gran colaboración en la realización de la presente investigación.

Y un agradecimiento especial al Ingeniero Agrónomo Neri Nicolás Figueroa Guerra (Q.E.P.D), por el tiempo, los consejos, las vivencias, el apoyo técnico y las enseñanzas impartidas a lo largo de su trayectoria como docente de la Carrera de Agronomía Tropical del Centro Universitario de Sur Occidente.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
1.1. Distribución y origen del cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).	5
1.2. Clasificación taxonómica del hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).	5
1.3. Morfología del árbol de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).	6
1.3.1. Raíz	6
1.3.2. Hojas.....	6
1.3.3. Tallo	6
1.3.4. Corteza	6
1.3.5. Floema.....	7
1.3.6. Xilema.....	7
1.3.7. Líber.....	8
1.3.8. Laticíferos	9
1.3.8.1. Aspectos anatómicos y citológicos del tejido laticífero.....	9
1.3.9. Látex.....	10
1.3.9.1. Influencia de los agentes estimulantes sobre la producción de látex.	11
1.3.9.2. Disponibilidad de la sacarosa en el látex	11
1.3.9.3. Fisiología del derrame	11
1.3.9.4. Lutoides	12
1.3.10. Absorción y movimiento de nutrientes	13
1.3.10.1. Translocación.....	14
1.3.10.2. Principio básico del transporte de nutrientes al floema.....	14
1.3.10.3. Nutrientes presentes en la planta	15

1.4. Requerimientos climáticos y edáficos.....	17
1.4.1. Temperatura	17
1.4.2. Precipitación	17
1.4.3. Requerimientos edáficos	18
1.5. Contenido de hule seco (DRC)	18
1.6. Descripción del clon de hule IRCA 41.	18
2. MARCO REFERENCIAL	19
2.1. Ubicación y descripción del sitio experimental.....	19
2.2. Condiciones climáticas	19
2.3. Suelo	19
2.4. Precipitación pluvial	19
2.5. Distribución de clones por año de siembra y área establecidas en Finca San José Las Victorias.	20
2.6. Material experimental	22
2.7. Antecedentes con fertilización al panel de pica	22
2.8. Fertilizantes orgánicos utilizados en la evaluación.	23
2.8.1. Biomin Calcio	23
2.8.2. Biomin Zinc	24
2.8.3. Biomin Magnesio	24
2.8.4. PHOSGARD 4-25-15.....	25
V. OBJETIVOS.....	26
1. GENERAL.....	26
2. ESPECÍFICOS.....	26
VI. HIPÓTESIS.....	27
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
1. MATERIALES Y EQUIPO.....	28
2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
2.1. Diseño experimental	28
2.2. Unidad experimental	29
2.3. Tratamientos.....	29
2.4. Croquis del experimento	32

2.5. Variable respuesta.....	33
3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	33
3.1. Análisis estadístico	33
3.2. Análisis económico	34
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
IX. CONCLUSIONES	42
X. RECOMENDACIONES.....	43
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	44
XII. ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Clasificación taxonómica del hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	5
2	Distribución de clones por año de siembra y áreas establecidas en finca San José Las Victorias.....	21
3	Distribución de clones según áreas establecidas de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).	21
4	Nomenclatura de tratamientos utilizados en la evaluación del panel de pica en el cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).	30
5	Mezclas de fungicidas utilizadas en la finca San José Las Victorias.	31
6	Promedio de rendimiento en kilogramos de hule seco por árbol por año, obtenido de los tratamientos evaluados.	36
7	Análisis de varianza realizado a la variable rendimiento promedio de kilogramos de hule seco por árbol por año por tratamiento evaluado.	38
8	Valores promedios del contenido de hule seco (DRC) de los tratamientos evaluados expresado en porcentaje (%).	39
9	Análisis de varianza del promedio de contenido de hule seco (DRC) por tratamiento evaluado, expresado en porcentaje (%).	40
10	Potencial productivo en kg de hule seco por árbol, año, clon y edad de la plantación.....	49
11	Boleta utilizada para la recolección de datos de producción durante la investigación de campo.	50
12	Certificado de origen orgánico de los fertilizantes usados en esta investigación.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Corte transversal del cambium del hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	8
2	Comportamiento de la precipitación en milímetros mensualmente para un rango de 2008 a 2013 de finca San José Las Victorias.....	20
3	Dimensiones de la unidad experimental de la investigación.	29
4	Forma de aplicación fitosanitaria en mezcla con los fertilizantes orgánicos.	32
5	Aleatorización de tratamientos establecidos en el experimento de campo.....	32
6	Rendimiento obtenido por tratamiento expresado en kilogramos de hule seco por árbol por año.....	37
7	Contenido de Hule Seco (DRC) promedio en porcentaje por tratamiento.....	40
8	Localización geográfica de la finca San José Las Victorias.	51
9	Marcación de la unidad experimental.	53
10	Aleatorización de los diferentes tratamientos en una unidad experimental.....	54
11	Aplicación de los fertilizantes foliares combinada con la aplicación fitosanitaria.	54
12	Dosificación de los fertilizantes foliares.....	55
13	Fertilizantes orgánicos utilizados en la evaluación.	55
14	Distribución de los recipientes utilizados en cada tratamiento evaluado.	56
15	Identificación y medición del látex por tratamiento evaluado.....	56
16	Colocación de los coágulos de hule húmedo por tratamiento evaluado....	57
17	Almacenaje de las maquetas de hule húmedo tomados en la evaluación.	57

RESUMEN

Las fincas dedicadas a la producción de látex de hule han evolucionado sus técnicas de manejo del cultivo, desde el almacigo hasta la comercialización del hule; debido a la constante investigación por parte de instituciones internacionales y nacionales que fortalecen la explotación del cultivo, el manejo eficiente de una unidad productiva se refleja en el rendimiento de producción de cada una, es por ello que la heveicultura ha incursionado en prácticas agrícolas como lo es la fertilización en diferentes partes del árbol, una de las técnicas está dirigida al panel de pica buscando aumentar la producción de kilogramos de hule seco por árbol y por unidad de área.

La presente investigación “Evaluación de cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica en el cultivo de hule Hevea brasiliensis (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. en finca San José Las Victorias, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu” la cual es propiedad de la empresa El Pilar Sociedad Anónima, geográficamente se ubica con respecto al meridiano de Greenwich en las coordenadas latitud norte 14° 33' 11.6" y longitud oeste 91° 35' 11.2" a una altura de 376 metros sobre el nivel del mar.

Se evaluaron cinco tratamientos, cuatro fertilizantes orgánicos y un testigo absoluto, se aplicaron en mezcla con el programa fitosanitario de la finca dirigidos al panel de pica; la investigación se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar, con 20 unidades experimentales de 30 árboles de hule del clon IRCA-41 para cada una de ellas. El mejor resultado fue de 7.52 kilogramos de hule seco por año por árbol al aplicar Biomin Phosgard (tratamiento dos) este mismo producto obtuvo el mejor contenido de hule seco (DRC) de 57.53%.

SUMMARY

The farms dedicated to the production of rubber latex have evolved their techniques of exploitation from the storage to the commercialization of the rubber; Due to the constant research on the part of international and national institutions that strengthen the exploitation of the crop, the efficient management of a productive unit is reflected in the production yield of each one, that is why the heveiculture has penetrated in agricultural practices as is the fertilization in different parts of the tree, one of the techniques is directed to the pica panel looking to increase the production of kilograms of dry rubber per tree and unit area.

The present investigation "Evaluation of four organic fertilizers applied to the Pica panel in the rubber culture *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müll. Arg. In San Jose Las Victorias farm, San Andres Villa Seca, Retalhuleu "which is owned by the company El Pilar Sociedad Anonima, geographically, it is located with respect to the Greenwich meridian at the coordinates latitude 14 ° 33" 11.6 'and longitude 91 ° 35 "11.2' at an altitude of 376 meters above sea level.

Five treatments, four organic fertilizers and one absolute control were evaluated, they were applied in mixture with the phytosanitary program of the farm directed to the pica panel; the research was established under an experimental random block design, with 20 experimental units of 30 rubber trees of clone IRCA-41 for each of them. The best result was 7.52 kilograms of dry rubber per year per tree when applying Biomin Phosgard (treatment two). This same product obtained the best dry rubber content (DRC) of 57.53%.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) tiene una participación importante en el desarrollo socioeconómico de las regiones donde se produce; aportando fuentes de trabajo que genera ingresos a la población vecina de las unidades productivas. Desde la visión de divisas para Guatemala se exporta anualmente un aproximado de \$239 millones según Agexport (2014).

La fertilización en general ha sido tema de importancia en el sector hulero ya que el fin de esta es obtener una plantación con mayores capacidades de transformación de procesos fotosintéticos que reflejan un aumento de la producción de kilogramos de hule seco por árbol y por unidad de área.

Para disminuir los costos de producción en el cultivo de hule (*H. brasiliensis*) y así aumentar las ganancias por unidad de área; se utilizó la mezcla de fertilizantes orgánicos con fungicidas directamente al panel de pica con la finalidad de disminuir los costos de aplicación y se espera lograr una reacción de sinergismo en cadena para lograr una mejor producción.

La finca San José Las Victorias realiza actividades con fines de lucro y como objetivo principal es obtener una rentabilidad adecuada para los propietarios de El Pilar S.A. La productividad del cultivo de hule (*H. brasiliensis*) ha sido de 6.7 kilogramos de hule seco por año por árbol en los últimos cinco años.

Para compensar un aumento en el rendimiento se aplicó un método de fertilización orgánica al panel de pica combinada con las aplicaciones fitosanitarias, esto hace que se promueva una apertura más prolongada en el tiempo de los vasos laticíferos provocando así un aumento en la producción de látex por árbol y en general por unidad de área.

La finca se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 376 metros y está constituida con un área de siembra de 59.93 hectáreas establecidas con el cultivo de Hule (*Hevea brasiliensis*) con edades que van desde los 11 a los 19 años de explotación de las cuales un 48% (28.8 hectáreas) están establecidas con el clon RRIM

600, una área de 17.1 hectáreas es decir un 28% del área con el clon PB-280 y por último un área de 14 hectáreas es decir un 23% con el clon IRCA-41.

El clon IRCA-41 fue utilizado como material experimental en esta evaluación derivado de la decisión administrativa de la Finca San José Las Victorias permitiendo observar el efecto de la producción de kilogramos de hule seco por árbol por año provocada por los cuatro fertilizantes aplicados al panel de pica. Se determinó que la producción se mantuvo en 7.33 kg y levemente aumentó 0.19 kg con la aplicación de Biomin Phosgard (tratamiento dos).

Debido a que la variable en estudio no presentó diferencias significativas en cuanto al aumento del rendimiento de kilogramos de hule seco por árbol por año no fue necesario el análisis económico.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Palencia (2000), la pica es la técnica que el hombre emplea para obtener el producto del árbol de hule (*Hevea brasiliensis*), denominado látex, la producción está determinada de modo general por factores constantes y variables, tales como el clon, el suelo, factores ecológicos, técnica de pica, estimulación y estado del panel de pica del árbol. La explotación del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) ha tenido constantes cambios desde la implementación de paquetes tecnológicos propuestos a nivel internacional recomendadas por instituciones como el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) y la Gremial de Huleros de Guatemala (GREMHULE).

En la última década el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en Guatemala ha presentado una tendencia de aumento en el número de hectáreas sembradas por año, esto debido a los altos precios obtenidos en el año 2,011. Actualmente la disminución del precio del kilogramo de hule seco provocó que la industria del hule tenga la necesidad de crear y modificar nuevas técnicas que sean productivas por unidad de área, es por esto, que la finca San José Las Victorias desea optar por otras prácticas agrícolas que aumenten el rendimiento de las plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*), para ello se propone la fertilización orgánica al panel de pica.

El clon IRCA-41 fue utilizado en esta investigación como material experimental derivado de la decisión administrativa de la finca ya que cuenta con una buena adaptación al suelo y a las condiciones climáticas así como un valor de material de expansión para futuras plantaciones del El Pilar S.A.

En base a la investigación realizada al clon RRIM-600 sobre fertilización dirigida al panel de pica (Orozco M. 2011), la administración del cultivo de hule se plantea la interrogante sobre la posibilidad que el clon IRCA-41 reaccione de forma positiva a la fertilización al panel de pica y llegar a obtener diferencias significativas respecto al rendimiento de kilogramos de hule seco por árbol por año y por consecuencia lógica obtener mayor rendimiento de campo por unidad de área.

III. JUSTIFICACIÓN

La producción del hule (*Hevea brasiliensis*) en Guatemala supone el uno por ciento (1%) de la producción mundial, produciendo alrededor de 95 mil toneladas de hule seco, generando divisas para el país por \$239 millones según Agexport (2014).

La mayoría de los productores del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) han utilizado varias técnicas para la explotación del cultivo, con el objetivo de ser eficientes y eficaces, todas estas nuevas técnicas y manejos de explotación han sido producto de investigación de entidades nacionales e internacionales como lo son el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) y la Gremial de Huleros de Guatemala (GREMHULE) dichas instituciones han aportado tecnología en la fertilización específicamente dirigidas al panel de pica del árbol de hule (*Hevea brasiliensis*).

Palencia (2000), el rendimiento del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) está determinado por factores externos como la fertilización con dosis de 15 Kg de nitrógeno, 6 Kg de fósforo y 11 Kg de potasio por árbol por año; factores climáticos como la temperatura con un valor promedio de 27°C, un promedio de 5.5 de pH en el suelo, una precipitación de 1800 a 3000 milímetros anuales y factores derivados de la explotación como el consumo de corteza con 1.2 a 2.2 milímetros por pica ya que a través de la misma se extrae el látex, producto de interés económico, de esta actividad depende el rendimiento y la vida económica del árbol.

La fertilización dirigida al panel de pica es una técnica de fertilización relativamente nueva en especies como el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) ya que su principio fisiológico es aumentar en el tiempo la apertura de los vasos laticíferos y así aumentar el rendimiento de la producción de hule seco por árbol, por lo cual esta investigación se justifica ya que el heveicultor tendrá una herramienta tecnológica para el clon IRCA-41 basada en la fertilización orgánica dirigida al panel de pica del árbol de hule (*Hevea brasiliensis*), para aumentar su producción de látex por árbol y por unidad de área del cultivo en el campo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Distribución y origen del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*).

Gremhule (2010), menciona que el cultivo es originario de la región amazónica y países vecinos, pertenece a la familia Euphorbiaceae del género *Hevea* donde se pueden mencionar las siguientes especies como *Hevea benthiana*, *Hevea pauciflora*, *Hevea spruceana*, *Hevea viridis*, *Hevea rigidifolia*, *Hevea minor*, *Hevea camporum* de las cuales resalta la especie *Hevea brasiliensis* por sus intereses comerciales.

Según Ovalle (1975) citado por Meléndez (2013), la especie *Hevea brasiliensis* necesita en promedio de 22 a 32 grados centígrados y una precipitación pluvial promedio de 2000 mm al año, además de una altitud de 150 a 750 msnm.

1.2. Clasificación taxonómica del hule (*Hevea brasiliensis*).

A continuación en el cuadro uno se presenta la clasificación taxonómica de hule (*Hevea brasiliensis*).

Cuadro 1: Clasificación taxonómica del hule (*Hevea brasiliensis*).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Euphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Género	<i>Hevea</i>
Especie	<i>H. brasiliensis</i> .

Fuente: Cronquist (1961).

1.3. Morfología del árbol de hule (*Hevea brasiliensis*).

Según León, J. (1968) el porte y la altura de los árboles son variables, se ha demostrado la importancia de la forma de la copa, y depende del espaciamiento de las ramas en los troncos centrales, la planta es monoica, de hojas alternas o subopuestas al final de los retoños, largamente pecioladas, compuesta de tres folíolos.

1.3.1. Raíz

La raíz se desarrolla a varios metros de profundidad, atravesando diferentes estratos del suelo, la raíz principal puede alcanzar los 10 metros de profundidad o más. Existe un abundante desarrollo de raicillas en la superficie del suelo, del 30 a 60% de las raíces se desarrollan a una profundidad entre 0 a 17.5 cm, este colchón de raicillas tienen la particularidad de remover los restos vegetales en descomposición que están sobre la superficie del suelo. (León, J. 1968)

1.3.2. Hojas

El sistema de alimentación se desarrolla periódicamente en verticilos o pisos llamados coronas, una corona está compuesta por la base del follaje anterior, el tallo central, más arriba una zona de glándulas foliares y sobre éstas un área con un promedio de 15 hojas largamente pecioladas, compuestas por tres folíolos. (GREMHULE, 2000).

1.3.3. Tallo

Según Palencia (2000), el tallo es la parte vegetativa económicamente más importante de la planta ya que en su interior se determina la explotación de los vasos laticíferos, El desarrollo del tallo depende del tipo de clon, el ambiente, los nutrientes, el agua y el manejo agronómico que se le brinde durante esta etapa de crecimiento.

1.3.4. Corteza

Según GREMHULE (2000), la raíz, tallo y ramas están revestidos por una piel natural llamada corteza, la cual consta de corteza exterior, corteza media y cambium.

- La corteza exterior sirve para proteger sus tejidos internos.

- La corteza media contiene los vasos laticíferos que están colocados en forma oblicua por todo el tallo del árbol conectados entre sí por canales o conductos horizontales a través de los cuales conduce el látex. La red de vasos es mayor en la medida que se acerca al cambium, que se encuentra entre la madera y corteza media, su función principal es aumentar el grosor del tallo mediante la formación de madera y corteza (Palencia, 2000).

1.3.5. Floema

En su libro Azcón B., J; Talón, M. (2013), exponen que el floema es un sistema conducto continuo, estrechamente interconectado, constituido por células vivas, que se extienden por todos los órganos de la planta, acá se encuentra el canal de transporte llamado tubo criboso, que es una serie longitudinal de células (elementos de los tubos) con las paredes terminales modificadas en forma de placas cribosas.

Es la corteza interna. Transporta los carbohidratos producidos en las hojas hacia abajo, a las otras partes del árbol, donde se convierten en los nutrientes que necesita el árbol para su desarrollo.

1.3.6. Xilema

También conocida como albura, su función es conducir el agua y las sales minerales desde las raíces hacia las hojas donde se encuentran la pared celular del tejido. El tejido compuesto llamado albura está integrado por largas moléculas de celulosa que le dan al árbol su fortaleza. En la figura uno se presenta en corte transversal del cambium del tallo del árbol de hule (*Hevea brasiliensis*).

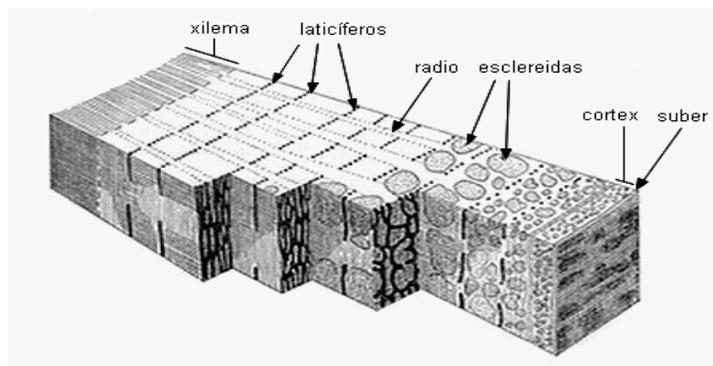


Figura 1: Corte transversal del cambium del hule (*Hevea brasiliensis*).

Fuente: Esau, K. (1972).

1.3.7. Líber

Compagnon, P. (1998), expone que el líber es un tejido complejo y conlleva además de los laticíferos:

- Unos tubos cribados y sus células acompañantes; los tubos cribados son los elementos conductores que llevan a las diferentes partes de la planta, y particularmente al tablero de pica, los metabolitos sintetizados en la corona foliar.
- Los elementos parenquimatosos dispuestos en filas verticales de los cuales una parte está estrechamente asociada a los laticíferos (“fundas” parenquimatosas de los mantos laticíferos).
- Otros elementos parenquimatosos dispuestos en filas horizontales radiales, que forman radios de líber. Estos continúan a través del cambium, hacia la madera (radios lignosos), que comunica de esta manera los dos sistemas (madera y líber).

Únicamente los tubos cribados más recientemente formados y por ende más cercanos al cambium son funcionales. Constituyen una estrecha banda de floema conductor, en la parte más profunda del líber joven. (Meunier, A. 1912).

1.3.8. Laticíferos

Palencia, C (2000) expone que el árbol en su desarrollo forma laticíferos los cuales contienen látex, estos tubos están intercalados entre el parénquima del floema, el cual constituye el sistema de laticíferos en la planta. El citoplasma de los laticíferos están especializados los cuales contienen sustancias ergásticas y las células articuladas son multinucleadas. El crecimiento de los vasos laticíferos se puede clasificar de dos maneras:

- Por la absorción de una fila de células en las paredes.
- Por la extensión o crecimiento de ciertas células.

La formación de látex toma lugar en algunas células, al igual que en los vasos originales, donde se comprobó que la propiedad del poder contener el látex no se confinó a los vasos laticíferos.

1.3.8.1. Aspectos anatómicos y citológicos del tejido laticífero

El tejido laticífero se encuentra en todas las partes del árbol, desde las raíces hasta las hojas, pasando por la corteza del tronco, sede de la explotación del látex en el hule.

Frey-Wyssling (1929), expone que los futuros laticíferos muestran, al comienzo de su diferenciación, los constituyentes habituales de cualquier célula vegetal: núcleo, mitocondrias, pequeños plastos, retículo endoplasmático, dictiosomas. Las partículas de hule aparecen precozmente en su protoplasma en forma de enclaves primero muy discretas, cuyo diámetro aumenta luego de manera progresiva. Una categoría original de organitos se identifica tempranamente en los laticíferos en desarrollo: los lutoides, forma especializada de “vacuoma polidisperso”.

Como exponen Pujarnisclé S., RibaillierD.,(1966), estos organitos, ricos en proteínas, encierran enzimas susceptibles, si son liberadas, de alterar la estabilidad del látex. Las partículas llamadas de FREY WYSSLING, representan otra categoría de organitos particulares de los laticíferos. Se trata de hecho de plastos fuertemente modificados, y que encierran voluminosas inclusiones lipídicas, ricas en carotenoides. Un hecho importante de la ontogenia de los laticíferos es la formación de perforaciones a través

de las paredes, que comunica los protoplasmas de las células secretoras contiguas : en la corteza del hevea, todos los laticíferos de un mismo manto del sistema secundario se encuentran de esta manera en relación, gracias a las perforaciones de sus paredes laterales y terminales; de ahí resulta que la operación de pica drena el látex de cualquier tejido productor vecino.

1.3.9. Látex

Esau, K. (1972), relata que el látex es el producto derivado de la actividad de pica, puede ser considerado un verdadero citoplasma celular en el cual se puede encontrar partículas sólidas microscópicas en suspensión orgánulos como mitocondrias, plastidios, lisosomas, ribosomas, centrosomas tiene una estructura celular cuya apariencia es viscosa, se puede encontrar localizada dentro de la membrana plasmática pero fuera del núcleo de la célula. Hasta el 85% del citoplasma está conformado por agua, proteínas, lípidos, carbohidratos, ARN, sales, minerales y otros productos del metabolismo.

En términos de Palencia, C. (2000), explica el látex como una emulsión de color blanco también es una fuente de almacenamiento de sustancias útiles al árbol en condiciones adversas, debido a su composición está perfectamente adaptado a la coagulación y constituida por los siguientes elementos.

- Contiene 60% de agua en volumen de látex fresco.
- Minerales: nitrógeno 0.26%, fósforo 0.005%, potasio 0.17%, calcio 0.03%, magnesio 0.005%, hierro, manganeso, cobre, zinc y rubidio.
- Elementos orgánicos: Carbohidratos, ácido cítrico, ácido glutámico, ácido aspártico, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, proteínas y triglicéridos.
- Partículas de caucho: 25 a 45% en volumen de látex fresco, 90% materia seca.
- Lutoides: 10 a 20% en volumen de látex fresco.
- Partículas de Frey Wissling en 5% en volumen de látex fresco.

1.3.9.1. Influencia de los agentes estimulantes sobre la producción de látex.

Según expone Tello (1993) que productos exógenos son tratamientos estimulantes que se aplican en la corteza de formas indirectamente por aplicación de diversos productos. Indica además que una sustancia exógena puede intervenir en el índice de plugging, del índice de estallamiento de los lutoideos, de los tioles debido al aumento del ph, del porcentaje en sacarosa, en fósforo y de la síntesis de proteínas.

Esau, K. (1972), indica que combinando a los factores descritos con anterioridad se puede aportar que el protoplasto es diferencialmente permeable y es capaz de realizar transporte activo, impidiendo la salida de algunas sustancias o permitiendo la entrada de otras aun en contra de la gradiente de concentración.

1.3.9.2. Disponibilidad de la sacarosa en el látex

Los trabajos de Tupy, J. (1969), han reflejado la importancia de la disponibilidad de sacarosa en el látex. El contenido en azúcar es el resultado de la alimentación hidrocarbonada de los tejidos laticíferos, y de su uso celular. Este uso, que está ligado a la actividad metabólica global, es controlado por la invertasa cuya intensidad de funcionamiento está relacionada correlativamente con la producción del látex.

1.3.9.3. Fisiología del derrame

Strasburger, E. (1994). En sus trabajos basados en la fisiología del citoplasma, cuando este se contrae por pérdida de agua la célula sufre plasmólisis. Este fenómeno tiene lugar naturalmente cuando la planta se marchita, y puede provocarse colocando las células en un medio de concentración salina mayor que la del citoplasma (como la membrana plasmática es permeable, el agua difunde hacia el exterior). Solamente en esa circunstancia se visualiza la membrana plasmática, con microscopio electrónico, porque ésta se separa de la pared celular.

Una vez que ha fluido látex de los tubos laticíferos el suero aparentemente estable se vuelve inestable y las partículas de hule se aglomeran en grupos hasta que al fin la masa esponjosa se separa del líquido y es lo que se llama coagulación del látex,

proceso facilitado por la agitación violenta del látex, o por su propia acidez y se evita por completo o demora mediante la alcalinización del látex. (Ovalle, 1,975).

En resumen se puede decir que el sistema laticífero está situado en la parte más interna de la corteza; está constituido por tubos productores de látex unidos unos a otros (anastomosados) para formar mantos concéntricos. Resulta que una herida en la corteza implica la sección de un número más o menos importante de mantos laticíferos y el derrame del látex contenido en numerosos vasos. Esta disposición de los laticíferos en el hevea, en el caso de una herida, podría permitir en teoría un drenaje extremadamente importante en el sistema laticífero.

Compagnon citando a Tupy, J (1969), explica que secuencialmente la reducción de la duración de derrame es el primer factor limitante de la producción. Las microcoagulaciones que obturan la extremidad abierta de los laticíferos constituyen el factor causal de la limitación de derrame. El látex tiene una fracción sedimentable que hace que pueda detenerlo en un sentido, gracias a los lutooides y de las partículas de Frey-Wyssling. Esto hace que se oponga a la acción limitadora de las microcoagulaciones alimentando en agua a los laticíferos durante la pica esto constituye, después del derrame masivo del producto por la relajación elástica, el medio de prolongarlo.

1.3.9.4. Lutooides

Tupy, J. (1969) expone que los futuros laticíferos se muestran al comienzo de su diferenciación en cualquier célula vegetal: núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático, dictiosomas. Las partículas de caucho aparecen en el protoplasma en forma de enclaves cuyo diámetro aumenta luego de manera progresiva. Una categoría original de organitos se identifica de manera temprana en los laticíferos en desarrollo: los lutooides son una forma especializada de “vacuoma polidisperso”. Estos organitos, ricos en proteínas, encierran enzimas que al ser liberadas alteran la estabilidad del látex.

Sigue exponiendo que los agentes que estimulan la producción intervienen directamente en los procesos ligados al derrame, pero también en los fenómenos relacionados con la regeneración y, por lo tanto, al metabolismo de los laticíferos.

La estimulación tiene igualmente un efecto activador en el “drenaje” de la sacarosa hacia los laticíferos y su utilización en el látex. Induce una disminución de los de iones hidronio por lo tanto existen diferentes tratamientos estimulantes que aumentan el contenido en glúcidos del látex como lo mostró Tupy, J. (1969).

La sacarosa está básicamente implicada y muestra un aumento promedio de 72% de la sacarosa del látex en las seis picas siguiendo una estimulación de Etefon. Sin embargo, J. Tupy (1969) constata que, a largo plazo, la estimulación hormonal de la producción y la sobre-explotación disminuyen el contenido en sacarosa, lo que indica cierto agotamiento del árbol. Por lo tanto, si los tratamientos hormonales favorecen el abastecimiento en sacarosa de los laticíferos al aumentar, por ejemplo, el efecto de atracción (*sinkeffect*), es probable que impliquen cierto desperdicio de los azúcares el cual depende de la naturaleza del estimulante.

1.3.10. Absorción y movimiento de nutrientes

El organelo que puede estar ligado a la introducción de los minerales en forma iónica o molecular a los espacios intercelulares es el protoplasto ya que es diferencialmente permeable y es capaz de realizar transporte activo, impidiendo la salida de algunas sustancias o permitiendo la entrada de otra, aun en contra de la gradiente de concentración. (Esau, K. 1972).

El transporte de iones en la célula vegetal puede ser pasivo o activo, cuando es pasivo este intercambio sucede en el plasmalema donde existe un tráfico continuo de iones que permite a las células incorporar y acumular nutrientes, excluir iones o sustancias tóxicas, y se habla de transporte activo cuando son transportados por otro canal y se acumulan por encima o por debajo del equilibrio. (Azcón B., J; Talón, M. 2013).

El transporte tiene lugar desde las zonas productoras de carbohidratos hasta las zonas de acumulación. La incorporación de la fuente implica un transporte por los tubos cribosos mediante un proceso activo y selectivo donde la acumulación de solutos en el interior provoca el descenso del potencial hídrico y la entrada pasiva de agua que dilata las paredes, generándose así una presión que impulsa la solución. En conclusión el contenido del tubo criboso se mueve a lo largo de este proceso de flujo másico. (Azcón B., J; Talón, M. 2013).

1.3.10.1. Translocación

- Transporte del nutriente en el interior de la planta.
- Va de un órgano a otro refiriéndose de raíz a hojas vía xilema.
- Nutrientes en forma iónica (NO_3^- , H_2PO_4^- , K^+ , etc).

1.3.10.2. Principio básico del transporte de nutrientes al floema

En un fragmento del libro Fundamentos de Fisiología Vegetal de los autores Azcón B., J; Talón, M. (2013), exponen que, *“El principio básico del transporte pasivo los iones fluyen a favor de la fuerza física que actúa sobre ellos y atraviesan las membranas a través de poros selectivos denominados canales, siendo la cinética del transporte prácticamente lineal y esta incorporación puede tener lugar por los plasmodesmos, siguiendo la denominada ruta simplástica o, como alternativa, liberándose la sacarosa al apoplasto (paredes celulares), desde donde se incorpora al complejo tubo criboso-célula de compañía (ruta apoplástica).*

No se conoce con precisión el lugar ni el modo de liberación de la sacarosa al apoplasto. Por razones anatómicas, es probable que tenga lugar en la inmediata vecindad de los tubos cribosos, desde las células de la vaina o del parénquima floemático, mediante un proceso de difusión facilitada estimulado por la presencia de K^+ en concentraciones relativamente bajas.

Los solutos se mueven a lo largo del tubo criboso como consecuencia de un flujo másico provocado por diferencias de presión hidrostática (turgencia) entre los extremos del tubo en las fuentes y los sumideros. La elevada concentración osmótica en el

interior de los tubos cribosos, debida a la acumulación de azúcares, provoca la entrada de agua, y como consecuencia de ello se produce una reacción elástica de las paredes que ejerce una presión sobre el contenido del tubo criboso”.

1.3.10.3. Nutrientes presentes en la planta

La importancia de los elementos radica desde la germinación hasta la senescencia del árbol, a continuación se describen los elementos de mayor importancia respecto al contenido del látex siendo de forma mineral como: Nitrógeno en un 0.26%, fósforo en 0.005%, potasio en 0.17%, calcio en 0.03%, magnesio en 0.005%.

- Fósforo

El fósforo interviene en todos los niveles del metabolismo celular, desde la fotosíntesis, división celular, catabolismo de los glucósidos y tiene un papel estructural en la constitución de las membranas celulares, de ahí su importancia primordial para el crecimiento, por eso una fertilización fosfatada es generalmente recomendada para los cultivos jóvenes. (Compagnon, P. 1998).

En la producción, es preciso subrayar el papel capital del fósforo implicado en compuestos permitiendo transferencias de energía gracias a los grupos fosforilados ligados a las moléculas orgánicas. La disminución de los contenidos en fósforo de las hojas permite fácilmente discernir las deficiencias. Al respecto, es preciso mencionar que las necesidades del árbol de hule en fósforo sólo representan un 20 % de las necesidades frente a cada uno de los otros elementos (nitrógeno y potasio). El ión fosfito es un compuesto relativamente sencillo pero de una gran importancia en sanidad vegetal: presenta un efecto fungicida frente a hongos del tipo Oomicetos y además es un excelente elemento nutritivo (Payeras, 2008).

Es un compuesto con alto contenido de fósforo y potasio que favorece el crecimiento y activa los mecanismos de autodefensa de las plantas, aportando un fortalecimiento en tronco, cuello y raíz de todos los cultivos en que se utiliza. Los fosfitos mejoran el estado nutricional de la planta, especialmente en los momentos de mayor actividad, además de tener la propiedad de estimular en la planta la producción de fitoalexinas,

sustancias naturales que la protegen de ciertas enfermedades. Gracias a su alto grado de solubilidad y estabilidad y por su carácter sistémico, el producto es absorbido a través de las raíces, corteza del tronco, ramas y hojas, siendo capaz de translocarse rápidamente a través de las membranas de las plantas al follaje y al sistema radicular. Se recomienda su aplicación en el periodo de vegetación activa y máximo desarrollo de la planta.

- Magnesio

Al entrar en la constitución de la molécula de clorofila, el magnesio juega un papel vital en la fotosíntesis. El magnesio es además activador de numerosos sistemas enzimáticos en relación con las vías metabólicas donde interviene a menudo el ión fosfato. Juega un papel importante a todos los niveles en la planta, incluso en los laticíferos.

La deficiencia en magnesio puede causar una ligera reducción de la dimensión de las hojas y manifestarse por una clorosis muy característica que afecta en primer lugar las hojas más expuestas al sol. Esta clorosis afecta el espacio entre las nervaduras de las hojas, las nervaduras centrales y laterales conservando su coloración verde, lo que subraya el aspecto de “espina de pescado” del sistema de nervaduras de las hojas. La deficiencia está marcada por una disminución muy sensible del contenido en Mg de las hojas. El magnesio puede también tener un efecto negativo sobre la estabilidad del látex, y por lo tanto sobre la producción. Cuando su contenido aumenta en el látex o que se encuentra en exceso con respecto a fosforo. (Compagnon, P. 1998).

- Calcio

Es fácilmente asimilado por las células de la raíz, tallo y hojas de las plantas, incrementando de esta manera la capacidad fotosintética y síntesis de clorofila, mejorando la abertura de los estomas é incrementando la permeabilidad de las membranas, la resistencia ante el estrés climático (verano intenso, invierno prolongado), fortalece la resistencia de la pared celular al inicio del ataque de plagas y enfermedades, estimula la división y el metabolismo celular, así como también reduce el proceso de senescencia en las plantas también es uno de los constituyentes de las

paredes celulares (pectato de calcio). Es probablemente como tal que interviene en los laticíferos donde se encuentra en dosis ínfima, y, por lo tanto, la cantidad exportada en el látex es muy baja.

En cambio, durante la vida del árbol, la cantidad de calcio acumulada en el árbol es importante, comparable e incluso superior a la del potasio. Los tejidos de la corteza tienen un contenido excepcionalmente elevado en calcio (cerca del doble del potasio). Pueden contener de 70% a 80% de la cantidad total acumulada en el tronco y las ramas. (Compagnon, P. 1998)

- Zinc

Las deficiencias en zinc implican una deformación muy característica de las hojas, las cuales se encuentran relativamente atrofiadas y anormalmente estrechas con respecto a su longitud. Presentan además una clorosis más o menos extensa del limbo.

1.4. Requerimientos climáticos y edáficos

Palencia (2000), señala que los factores climáticos afectan las fases de germinación, crecimiento y desarrollo siendo las siguientes:

1.4.1. Temperatura

La temperatura junto con la humedad son dos de los factores de más relevancia, deben ser óptimas oscilando entre 22 a 32 °C, y una media de 27°C. (Palencia, 2000).

1.4.2. Precipitación

Un rango de lluvias adecuado para el desarrollo del cultivo de hule ronda entre 1,800 a 3,000 mm anuales distribuidos durante el año, sin períodos secos prolongados. En general las lluvias anuales menores a 1,800 mm son limitantes para su desarrollo. Se tiene un promedio de 100 mm/mes, que es lo mínimo aceptable. (Palencia, 2000).

1.4.3. Requerimientos edáficos

Palencia (2000), el cultivo de hule se adapta mejor a suelos profundos de 1.5 m como mínimo, de preferencia con una capa de materia orgánica gruesa, fértiles con un 25 a 40% de contenido de arcilla. La textura debe estar dentro del rango franco y franco arcillosa.

1.5. Contenido de hule seco (DRC)

Es una abreviatura muy usada por los heveicultores de la expresión inglesa Dry Rubber Content (DRC), lo que indica el valor porcentual del contenido real de caucho comerciable, después de la separación del látex. Es la fase dispersa del látex separada del suero por el método convencional de coagulación seguido de la separación, el lavado, prensado y secado del coágulo. El contenido de DRC del látex es variable según el origen clonal, la edad de la plantación, las condiciones climáticas, el ciclo vegetativo y las modalidades de la pica (intensidad de pica, estimulación y situación del corte). (GREMHULE, 2000).

1.6. Descripción del clon de hule IRCA 41.

El clon IRCA-41 es considerado de metabolismo medio, es procedente de Costa de Marfil viene de una línea de parentales Gt1 x Pb551, tiene un potencial productivo de 5.77 kilogramos de hule por árbol por año o 1940 kilogramos de hule por hectárea por año, este clon tiene la tendencia de no bifurcar su tallo principal, además la corteza es ligeramente suave respecto al látex es de color claro, con una viscosidad baja y una rapidez de vulcanización alta.

Es un material que tiene un excelente potencial productor, el árbol es de tamaño mediano de 10 a 20 m de altura con ramas robustas lisas y contienen látex. El pecíolo es delgado, verde, de unos 30 a 35 cm de largo. Los folíolos son de tallo corto y elípticos “oblongos a ovalado oblongos”, la base es angosta y aguda, el ápice es acuminado.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

La investigación se realizó en la finca San José Las Victorias la cual cuenta con 59.93 hectáreas en explotación del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*). Se encuentra a una altitud de 376 metros sobre el nivel de mar, ubicada en las siguientes coordenadas geográficas 14° 33' 11.6" latitud norte y 91° 35' 11.2" latitud oeste, se encuentra ubicada en el municipio de San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

2.2. Condiciones climáticas

Basado en el sistema propuesto por Holdridge expuesto por de la Cruz (1982) la finca se encuentra ubicada dentro de la zona de vida Bosque muy húmedo subtropical cálido. El promedio de temperatura es de 26.17 °C, con una máxima de 33.33 °C y una mínima de 21.05 °C. Respecto a la humedad relativa que se tiene en la finca San José Las Victorias es variable, está influenciada según la época estacional del año, se encuentra en un promedio de 85%.

2.3. Suelo

Los suelos de la finca San José Las Victorias poseen una textura franco arcillosa, una pendiente del uno por ciento (1%) y según la clasificación de suelos pertenece a la serie denominada Cuyotenango (Cg) según lo indican Simmons, CS; Tárano T., JM. ; Pinto Z., JH. (1959).

2.4. Precipitación pluvial

Según registros meteorológicos recolectados en la estación ubicada en el ingenio El Pilar, en promedio anual precipitan 3,964 milímetros distribuidos entre mayo a octubre como se muestra en la figura dos.

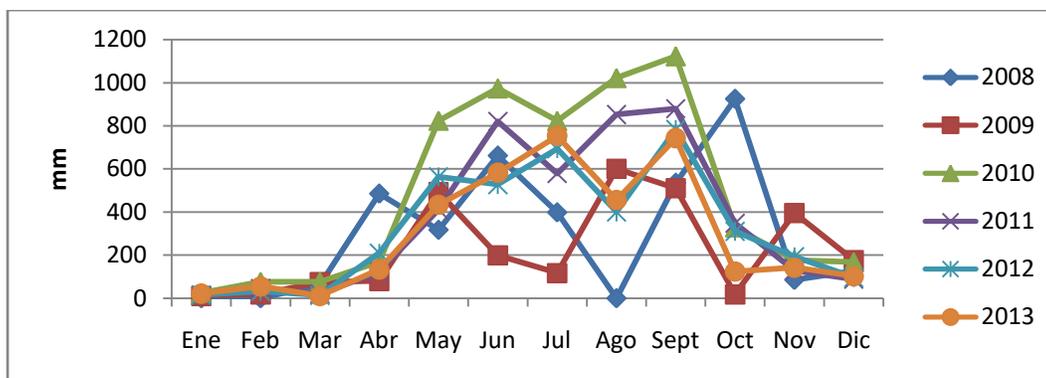


Figura 2: Comportamiento de la precipitación en milímetros mensualmente para un rango de seis años en finca San José Las Victorias.

Fuente: Departamento del cultivo de hule del Ingenio El Pilar (2014).

Como se observa en la figura dos, el comportamiento de las precipitaciones en milímetros mensualmente para un período de seis años de finca San José Las Victorias se puede determinar que es una distribución normal homogénea respecto a la zona geográfica donde se localiza la finca, el agua tiene un papel importante en la producción de látex ya que conforma un 95% de este.

Es un factor limitante en la producción ya que el agua en tejidos como la vacuola permite una recuperación parcial de la presión de turgencia inicial influyendo en el derrame, acortando o alargando el tiempo de este, el agua conduce a una baja evapotranspiración potencial lo cual favorece el equilibrio hídrico. (Compagnon, P. 1998).

2.5. Distribución de clones por año de siembra y área establecidas en Finca San José Las Victorias.

En la unidad productiva se encuentran tres clones establecidos siendo RRIM 600, PB-280, IRCA-41. Las áreas de siembra de cada clon se presentan en el cuadro dos.

Cuadro 2: Distribución de clones por año de siembra y áreas establecidas en finca San José Las Victorias.

CLON	AÑO SIEMBRA	ÁREA (ha)
IRCA-41	2005	14.00
PB-280	2005	17.07
RRIM 600	1995	3.48
RRIM 600	2000	0.72
RRIM 600	2012	3.30
RRIM 600	2013	1.35
RRIM 600	<1993	20.01
TOTAL	59.93	

Fuente: Departamento del cultivo de hule del Ingenio El Pilar (2014).

En el cuadro dos se observa el clon establecido según año y área en finca San José Las Victorias, donde se puede visualizar que el clon IRCA-41 fue establecido con 14 hectáreas en el año 2005.

En el cuadro tres se presentan las áreas establecidas con hule (*Hevea brasiliensis*).

Cuadro 3: Distribución de clones según áreas establecidas de hule (*Hevea brasiliensis*).

Clon	Área (ha)	%
RRIM 600	28.86	48.16
PB-280	17.07	28.49
IRCA-41	14.00	23.36
TOTAL	59.93	100.00

La finca cuenta con 15 picadores y un suplente los cuales pican 33 tareas asignadas, cada tarea cuenta con un promedio de 525 árboles en pica.

El sistema de producción de la finca San José Las Victorias está basado que después de la pica se aplica un anticoagulante siendo sulfito de sodio a una concentración del 8%, seguidamente se cubica el látex obtenido, para luego trasladarla al centro de acopio ubicado en el casco, donde en recipientes de 38 litros, se vierte el látex y seguidamente se procede a la coagulación con ácido fórmico al 5%, con una dosis de campo de 40 a 53 centímetros cúbicos de ácido fórmico por cada litro de látex, la dosis menor se utiliza en verano y la dosis mayor se utiliza en época lluviosa, seguidamente se aprovecha la chipa de segunda y la hilacha.

2.6. Material experimental

Con fines para esta investigación y por directrices del departamento del cultivo de hule se utilizó el clon IRCA-41 cuyo origen es de Costa de Marfil descendiendo de padres GT1xPB 551, establecido en 2005 y aperturado a pica en 2011, lo que quiere decir que actualmente se encuentra en su noveno año de explotación, la plantación cuenta con un sistema de explotación S/2 D3, con un marco de plantación de tres por seis metros. Dicho clon posee un metabolismo medio y una reserva de azúcares alta (GREMHULE, 2000).

La ubicación donde se realizó la evaluación cuenta con 525 árboles establecidos con el mismo clon IRCA 41, un dato importante en esta investigación es que en la finca no se tiene el criterio de estimular los árboles con etephon.

2.7. Antecedentes con fertilización al panel de pica

Orozco M., MT. (2011), en su tesis sobre la comparación de cuatro productos de origen orgánico, aplicados al panel de pica, para producción de látex en hule (*Hevea brasiliensis* Muell, Arg. Euphorbiaceae), en finca Guanacaste, Coatepeque, Quetzaltenango.

Evaluó con un diseño de bloques al azar, cuatro mezclas de origen orgánico sobre la producción en látex en el cultivo de hule donde se formaron cuatro tratamientos a base de Ácidos Fúlvicos con Algas Marinas, Carbonato de Calcio, Orto-fosfato de Potasio, Orto-borato de Sodio + Sulfato de Zinc y Fosfito Potásico, mas el testigo

absoluto, se pudo demostrar que todos a razón de 33.02cc de ingrediente activo/litro de agua, estadísticamente muestran el mismo comportamiento, por lo que al compararlos entre si no existen diferencias respecto a su rendimiento. Como material experimental se utilizó una plantación de 19 años del clon RRIM 600, cuyo panel fue aperturado a los siete años y por lo tanto se encontraba con 12 años en explotación. La investigación antes mencionada utilizó el clon RRIM-600 como material experimental, en la investigación realizada en la finca San José Las Victorias se decidió utilizar el clon IRCA-41 ya que tiene un alto valor de expansión para la empresa y se espera obtener diferentes resultados.

2.8. Fertilizantes orgánicos utilizados en la evaluación.

2.8.1. Biomin Calcio

El calcio se absorbe como ión divalente, Ca^{2+} además de ser uno de los constituyentes de las paredes celulares (pectato de calcio) entra en la activación de algunas enzimas, también es necesario para la integridad y la funcionalidad de las membranas y además, recientemente se ha visto que está implicado como segundo mensajero en el funcionamiento de algunas hormonas y en respuestas ambientales, en el cultivo de hule interviene en los laticíferos donde se encuentra en dosis reducidas. (Pujarnisclé, S.; Ribaillier, D. 1966).

Azcón B., J; Talón, M. (2013) estas concentraciones de calcio se mantienen gracias a la escasa permeabilidad de las membranas a este ión, así como por la acción de transportadores de membrana (principalmente el $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^{+}$ -ATPasas), que retiran calcio del citosol y lo expulsan al apoplasto o a compartimientos intracelulares (vacuolas, retículo endoplasmático o cloroplasto).

Este es un fertilizante cuyo calcio tiene un quelato diseñado para mayor absorción por tejidos o raíz, es un complemento, el cual corrige deficiencias además de ser un componente de la pared celular, interviene en la formación de cutícula foliar. Contiene el 1% de Nitrógeno soluble en agua y el 5% de Calcio quelatado.

2.8.2. Biomin Zinc

El zinc es absorbido como catión divalente Zn^{2+} , la mayoría de las veces probablemente en forma de quelato. Su disponibilidad es mayor a un pH ácido, cabe destacar la participación del zinc en la estabilidad del ribosoma y su presencia en la RNA polimerasa, lo que le convierte en un regulador de la expresión génica. (Azcón B., J; Talón, M. 2013).

El zinc en la planta de hule, es un activador enzimático, además de ayudar en el transporte de azúcares. Interviene en la síntesis de foto reguladores para el crecimiento de tejidos nuevos, el cual es clave para la formación de clorofila y la auxina (hormona de crecimiento), permitiendo un mayor desarrollo de los tejidos vegetales y un incremento en los rendimientos de los cultivos. Contiene el 1% de nitrógeno soluble en agua más un 7% de zinc quelatado.

2.8.3. Biomin Magnesio

Azcón B., J; Talón, M. (2013). Argumenta que el magnesio está presente en procesos claves, como la unión y estabilización de las subunidades del ribosoma, y por tanto en la biosíntesis de proteínas, e incluso en la transcripción del mensaje genético por la activación de la RNA polimerasa. Por ello, el incremento en la proporción de nitrógeno soluble no proteico puede ser un parámetro de diagnóstico químico en la deficiencia de magnesio, este se absorbe como ión divalente, Mg^{2+} , y se comporta como un elemento muy móvil, tanto en la planta como en la célula.

El magnesio es además activador de numerosos sistemas enzimáticos en relación con las vías metabólicas donde interviene a menudo el ión fosfato donde forma complejos con el ATP, ya que las ATPasa utilizan como sustrato los complejos Mg-ATP. Incluso la propia Fosforilación del ATP a partir del ADP necesita Mg^{2+} . Juega un papel importante a todos los niveles en la planta, incluso en los laticíferos ya que interviene en la polimerasa copiando el ADN de manera rápida. (Pujarnisclé, S.; Ribaillier, D. 1966).

Interviene en la composición de la clorofila y la reactivación celular. Aumenta la fotosíntesis, ayudando a mantener el vigor y verdor de los cultivos por más tiempo contiene 1% de nitrógeno soluble en agua y un 3% de magnesio quelatado.

2.8.4. PHOSGARD 4-25-15

Pujarnisclé, S.; Ribailier, D. (1966) expone que el potasio interviene en todos los niveles del metabolismo celular, desde la fotosíntesis, la división celular, el catabolismo de los glúcidos, y tiene un papel estructural en la constitución de las membranas celulares, de ahí su importancia primordial para el crecimiento y que es una formulación especial que conjuga el fósforo, diseñado para solucionar situaciones fisiológicas específicas en las plantas, es rico en energía ya que ambos elementos son activados por reactivos nucleófilos (DMF YDMSO) los cuales hacen que aquellos iones actúen de manera más enérgica.

Interviene sobre todo para crear las condiciones necesarias para la síntesis de las macromoléculas proteicas y polisacarídicas y también en el mantenimiento de la hipertonicidad de los líquidos celulares.

Por el contenido de potasio favorece la formación de carbohidratos e interviene en todos los procesos los iones fosfito son absorbidos directamente por el follaje de la planta y pueden experimentar un grado de conversión a iones fosfato, o ser utilizados directamente por las plantas, como iones fosfito.

Contiene cuatro por ciento de nitrógeno amoniacal, un 25 por ciento de ácido fosfórico y 15 por ciento de potasio soluble.

V. OBJETIVOS

1. GENERAL

Evaluar el efecto que provocan cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica del clon IRCA-41, en la producción de kilogramos de hule seco por árbol por año en árboles de Hule (*Hevea brasiliensis*) de la finca San José Las Victorias, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

2. ESPECÍFICOS

- 2.1. Determinar el rendimiento en kilogramos de hule seco por árbol por año de los árboles de hule (*Hevea brasiliensis*). Derivado del efecto de cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica del clon IRCA-41.
- 2.2. Estimar el mayor contenido de hule seco (DRC) por efecto de los cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica.
- 2.3. Realizar un análisis económico a la variable rendimiento de kilogramos de hule seco por árbol por año de hule derivado el efecto de cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica del clon IRCA-41.

VI. HIPÓTESIS

Ha: Al menos un fertilizante orgánico aplicado al panel de pica en el cultivo de Hule (*Hevea brasiliensis*) presentará diferencias significativas respecto a un aumento del rendimiento de kilogramos de hule seco por árbol por año.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

1. MATERIALES Y EQUIPO

Para evaluar el efecto de cuatro fertilizantes orgánicos, aplicados al panel de pica en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*), se utilizaron los siguientes insumos.

- 20 Recipientes plásticos.
- Balanza analítica.
- Probeta o recipiente graduado en mililitros.
- Brocha.
- Cinta métrica.
- 600 árboles de hule (*Hevea brasiliensis*) clon IRCA-41.
- Tres litros Biomin Zinc.
- Tres litros Biomin Calcio.
- Tres litros Biomin Magnesio.
- Tres litros Phosgard.

2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.1. Diseño experimental

La evaluación se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar ya que se identificó una gradiente de variabilidad siendo un dos por ciento de pendiente, además se cuenta con cinco tratamientos, compuesto por cuatro fertilizantes orgánicos más un testigo absoluto.

A continuación se muestra el modelo estadístico del diseño bloques al azar.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

En donde:

- **Y_{ij}** = Es la observación 1 respecto a la variable respuesta.
- **μ** = Es la media general.
- **T_i** = Es el efecto del i-ésimo fertilizante orgánico.

- B_j =Es el efecto del i-ésimo bloque.
- ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la i-j-ésima unidad experimental.

2.2. Unidad experimental

Se utilizaron 20 unidades experimentales conformadas por cinco tratamientos y cuatro repeticiones, en donde por cada unidad experimental se utilizaron 30 árboles, a los cuales se les aplicó la mezcla de los productos de origen orgánico con una frecuencia de nueve días, a nivel de panel de pica ocupando un área de 540 m² o 0.054 hectárea por unidad experimental, para hacer un área total de 1.08 hectáreas. El marco de plantación se encuentra a tres x seis metros como se puede observar en la figura tres que se presenta a continuación.

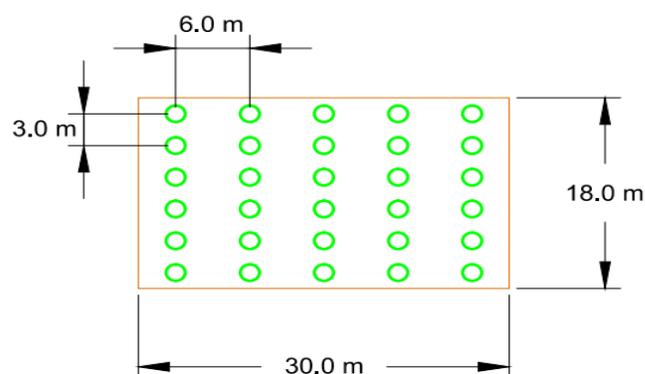


Figura 3: Dimensiones de la unidad experimental de la investigación.

2.3. Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron conformados por cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica. Dichos fertilizantes fueron propuestos por la empresa de nutrición especializada SAGRISA, distribuidor de la línea Biomin, la que fue de interés comercial para la finca.

Cuadro 4: Nomenclatura de tratamientos utilizados en la evaluación del panel de pica en el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*).

Tratamiento	Identificación	Fertilizante	Dosis
T1	ROJO	Biomin Zinc	13.23 cc/ 1 lt agua
T2	ROSADO	Biomin Phosgard	19.85 cc/1lt agua
T3	CELESTE	Biomin Calcio	13.23 cc/ 1 lt agua
T4	VERDE	Biomin Magnesio	13.23 cc/ 1 lt agua
T5	BLANCO	Testigo absoluto (sin aplicación)	-----

Los tratamientos anteriormente descritos fueron aleatorizados para dar un total de 20 unidades experimentales. A cada árbol se le colocó una cinta de color así como una descripción del tratamiento en el panel a manera de identificar cada tratamiento.

La preparación y dosificación de los fertilizantes está enfocada directamente a la aplicación de fungicidas, (estos no tienen incompatibilidad), el volumen de agua a utilizar es de un 3.785 lt por tarea, en el cuadro cinco se puede observar las diferentes mezclas de fungicidas a utilizar.

Cabe mencionar que por directrices del departamento del cultivo de hule, no se ha estimulado con Ethephon en ningún área de la finca San José Las Victorias.

El intervalo de aplicación del plan fitosanitario enfocado a moho gris (*Ceratocystis fimbriata*) y raya negra (*Phytophthora palmivora*) en mezcla con los fertilizantes orgánicos se realizó a cada 9 días.

Cuadro 5: Mezclas de fungicidas utilizadas en la finca San José Las Victorias.

Mezcla	Nombre comercial	I.A	Dosis	Frecuencia
1	Folpan 48 SC	Folpet	25 cc/gal	Cada 9 aplicaciones
	Mirage 45 EC	Plocloraz	25 cc/gal	
	Óxido de hierro amarillo	Fe ₂ O ₃	2Lb/gal	
	Adherente 810 SL		50 cc/gal	
2	Previcur 72 SL	Propamocarb	25 cc/gal	Cada 9 aplicaciones
	Derosal 500 SC	Carbendazim	25 cc/gal	
	Óxido de hierro amarillo	Fe ₂ O ₃	1 lb/gal	
	adherente 810 SL		50 cc/gal	
3	Bayfidan 25 DC	Triazol	25 cc/gal	Cada 9 aplicaciones
	Aliette 80 WP	Fosetil Aluminio	37. 5cc/gal	
	Óxido de hierro amarillo	Fe ₂ O ₃	1 lb/gal	
	adherente 810 SL		50 cc/gal	

Fuente: Departamento del cultivo de hule (2014).

Como se observa en el cuadro cinco las mezclas utilizadas para el control fitosanitario, dichas mezclas se alternan cada nueve aplicaciones entre cada una y la forma de aplicación se presenta en la figura cuatro.



Figura 4: Forma de aplicación fitosanitaria en mezcla con los fertilizantes orgánicos.

En la figura cuatro se puede observar la forma de aplicación del fertilizante orgánico en mezcla con fungicidas al panel de pica.

2.4. Croquis del experimento

A continuación en la figura cinco se presenta la distribución espacial de los tratamientos en la finca San José Las Victorias la que se hizo de forma aleatoria por bloques al azar, a manera de homogenizar los bloques ya que se encontraba una gradiente de pendiente.

-----CALLE RECOLECTORA-----					
	T1R1	T2R2	T3R3	T1R4	↑ Norte
	T3R1	T5R2	T2R3	T3R4	
	T2R1	T1R2	T5R3	T2R4	
	T5R1	T3R2	T4R3	T4R4	
	T4R1	T4R2	T21R3	T5R4	

Figura 5: Aleatorización de tratamientos establecidos en el experimento de campo.

El área utilizada por cada unidad experimental evaluada fue de 540 m² para hacer un área total de 1.08 hectáreas.

2.5. Variable respuesta

Las variables de respuesta, analizadas en esta investigación fueron:

- Rendimiento de kilogramo de hule seco por árbol por año.
- Porcentaje de contenido de hule seco por tratamiento (%).
- Rentabilidad de cada tratamiento en estudio.

3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.1. Análisis estadístico

El análisis de la información tanto de variables se llevó a cabo mediante el análisis de varianza (ANDEVA) para un experimento con diseño de bloques al azar, con el fin de valuar el efecto de cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica en árboles de hule (*Hevea brasiliensis*) del clon IRCA-41.

Para determinar el contenido de hule seco, en si, es la separación del agua de las partículas de hule, estos datos fueron determinados para cada una de las unidades experimentales a lo largo de la investigación que comprendió de mayo a noviembre donde se realizaron tres muestreos de DRC siendo las siguientes fechas 22 de mayo, 02 de agosto y 25 de septiembre. El procedimiento utilizado fue propuesto por la finca y la metodología es la siguiente: Se ubicó una balanza analítica pesando 10 grs de coágulo húmedo, seguidamente se introdujo al horno por 10 minutos hasta obtener una toalla de hule seco, se anota la diferencia de peso que sería peso el agua y se opera la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de contenido de hule seco

$$\%hule\ seco = \frac{peso\ humedo - diferencia\ peso}{peso\ total} * 100, \text{ este contenido se introduce a la formula}$$

arcoseno * $\sqrt{x\%}$ o se introduce los porcentajes en la tabla de arcoseno calculada por Situn A., M. (2005).

Para realizar el análisis de varianza, se procedió primeramente a medir los litros de látex por tratamiento para luego coagularlos, a los dos días de secado se pesó el coágulo obteniendo kilogramos de hule húmedo por tratamiento para luego operar por regla de tres para obtener el rendimiento por hectárea multiplicando el contenido de hule seco. Los análisis de varianza fueron analizados mediante el software denominado Andeva Nuevo León.

3.2. Análisis económico

El análisis económico para los diferentes tratamientos se llevó a cabo mediante presupuestos parciales donde se determinó el costo de todos los insumos y labores utilizados en los diferentes tratamientos llegando a una decisión utilizando la siguiente metodología:

1. Identificación de los rubros de costos relevantes: Se identificaron las fuentes de costos que varían entre cada tratamiento.
2. Estimación de los precios de campo de los insumos: Se determinaron los precios de campo de los insumos como los fertilizantes foliares ya que esos fueron objeto de evaluación.
3. Estimación de los costos que varían: Se obtiene multiplicando los precios de campo de los insumos relevantes por la cantidad utilizada en cada tratamiento.
4. Estimación de los precios de campo del producto: El precio del kilogramo de hule seco a nivel de planta Entre Ríos S.A. se obtuvo del promedio de los meses anteriores, restando al precio, los costos unitarios de producción y transporte.
5. Estimación de los rendimientos ajustados: Debido a que los rendimientos experimentales tienden a ser mayores que los obtenidos por los productores, se reducen los rendimientos obtenidos en el experimento en un 5%.

6. Estimación de los beneficios brutos de campo: Se estima el beneficio bruto de campo, multiplicando el precio del kilo de hule seco por el rendimiento ajustado.
7. Estimación de los beneficios netos de campo: Estos se obtienen al restar a los beneficios brutos de campo, los costos que varían, en cada tratamiento.
8. Análisis de dominancia: Mediante este análisis se determina si el incremento en los costos, no conduce a un incremento en los beneficios netos o existe un tratamiento menos o igual costo que genera mayores beneficios. Para esto se debe organizar los tratamientos de acuerdo con un orden ascendente de los costos que varían, y se comparan si al aumentar los costos, ocurre un incremento en los beneficios netos. El único tratamiento que tal vez pueda no causar una “No dominancia” sería el testigo absoluto.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Efecto del rendimiento de kilogramos de hule seco por árbol por año de los árboles de Hule (*Hevea brasiliensis*), derivado de la aplicación de cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica del clon IRCA-41.

El rendimiento de los cinco tratamientos evaluados en esta investigación en los meses de mayo a noviembre, se obtuvo en kilogramos de hule seco por árbol por año (khs/a/a).

A continuación en el cuadro 6 se presentan los rendimientos obtenidos en los cinco tratamientos ordenados de acuerdo al correlativo.

Cuadro 6: Promedio de rendimiento en kilogramos de hule seco por árbol por año, obtenido de los tratamientos evaluados.

TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
1	7.1	7.6	7.2	7	7.22
2	7.7	7.5	7.5	7.4	7.52
3	7.7	7	7.7	7	7.35
4	7.6	7	7.4	7.2	7.30
5	7.6	7	7.6	7.7	7.47

Referencia: Biomin Zinc (T1), Biomin Phosgard (T2), Biomin Calcio (T3), Biomin Magnesio (T4) Y el testigo absoluto Sin aplicación (T5).

Como se puede observar en el cuadro seis el promedio de rendimiento de hule expresado en kilogramos de hule seco por árbol por año refleja que el tratamiento dos (Biomin Phosgard) obtuvo el mayor rendimiento de hule seco por árbol por año siendo de 7.52kg, seguidamente el tratamiento cinco obteniendo 7.47 kilogramos de hule por árbol por año, en tercer lugar se posiciona el tratamiento tres (Biomin calcio) obteniendo un promedio de 7.35 kilogramos de hule seco por árbol por año, el tratamiento cuatro (Biomin Magnesio) obtuvo un promedio con 7.30 kilogramo de hule por árbol por año y

como último lugar se ubica el tratamiento uno (Biomín Zinc) con 7.22 kilogramo de hule seco por árbol por año.

Cabe mencionar que el potencial teórico del clon al año nueve de explotación es de 5.77 kilogramos de hule seco por árbol bajo un marco de plantación de 7 x 2.8 m y una densidad poblacional de 510 árboles por hectárea; según la GREMHULE (2000), mientras que las condiciones de siembra de la investigación fueron de 6 x 3 m y una densidad de 555 árboles por hectárea de hule (*Hevea brasiliensis*).

A continuación se presenta en la figura seis el comportamiento del rendimiento en kilogramo de hule seco obtenido por tratamiento evaluado.

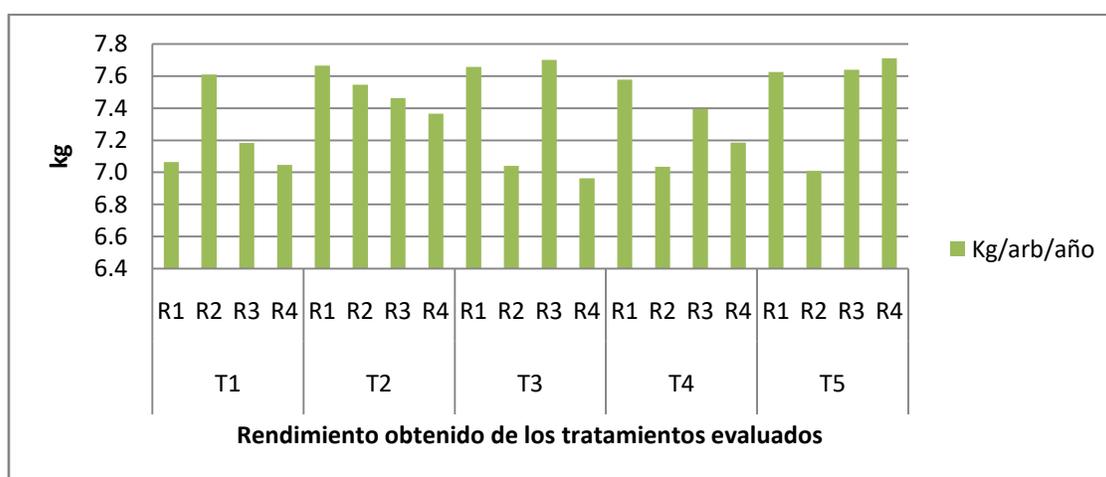


Figura 6: Rendimiento obtenido por tratamiento expresado en kilogramos de hule seco por árbol por año.

En la figura seis se observa el comportamiento del rendimiento obtenido en kilogramos de hule por árbol por año por tratamiento resaltando que el tratamiento dos (Biomín Phosgard) obtuvo un mayor rendimiento de hule seco por árbol por año siendo de 7.52kg.

A continuación en el cuadro siete se presentan los datos obtenidos del análisis de varianza realizado a la variable rendimiento en kilogramos de hule seco por árbol por año por tratamiento evaluado.

Cuadro 7: Análisis de varianza realizado a la variable rendimiento promedio de kilogramos de hule seco por árbol por año por tratamiento evaluado.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	SIG.
TRATAMIENTO	4	0.2452	0.0613	0.8409	0.527	Ns
S						
BLOQUES	3	0.3776	0.1258	1.7268	0.214	
ERROR	12	0.8748	0.0729			
TOTAL	19	1.4978				
CV	3.66%					

De acuerdo al cuadro siete se puede observar el resultado del análisis de varianza de los resultados experimentales determinando que estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos comparados sobre la variable kilogramos de hule seco por árbol por año. Se obtuvo un coeficiente de variación de 3.66%, parámetro adecuado para el manejo de los datos de la investigación.

Situn A., M. (2005) expone que no es recomendable realizar una prueba múltiple de medias ya que según el andeva anterior no existen diferencias en cuanto a los tratamientos evaluados.

Si la limitación de la producción en hule es debida a un derrame, podemos pensar que aparecerá otro factor limitante de la producción que fuera la regeneración del contenido de los laticíferos, es acá donde la fertilización al panel de pica juega un papel importante. Sabemos hoy en día que una buena alimentación en sacarosa y un pH favorable de los laticíferos constituyen condiciones necesarias para una reconstitución satisfactoria del látex. (Solís, I. 2006).

La estimulación con ethefon, cuyo efecto principal es el aumento de la estabilidad de la membrana de los lutoides, mediante la liberación de etileno, retardando la ruptura de la membrana celular y por lo tanto se limita la liberación de iones hidrógenos generando

que el medio no se acidifique generando que los vasos laticíferos permanezcan más tiempo emanando látex.

Con la fertilización dirigida al panel de pica con elementos iónicos como lo es el calcio, fosforo, zinc y magnesio son elementos que facilitan el traslado de azúcares del apoplasto a la célula en si (tejidos vivos), por lo tanto hay una mayor regeneración de los laticíferos. (Rincón, O. 1996).

2. Contenido de Hule Seco (DRC) por efecto de los cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica del clon IRCA-41.

El contenido de hule seco, en sí, es la separación del agua de las partículas de hule, estos datos fueron determinados para cada una de las unidades experimentales a lo largo de la investigación que comprendió de mayo a noviembre donde se realizaron tres muestreos de DRC siendo las siguientes fechas 22 de mayo, 02 de agosto y 25 de septiembre de 2014. A continuación en el cuadro ocho se presentan los valores promedio de DRC por tratamiento evaluado.

Cuadro 8: Valores promedios del contenido de hule seco (DRC) de los tratamientos evaluados expresado en porcentaje (%).

TRATAMIENTO	DRC				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
1	57.29	58.5	56.23	57.61	57.41
2	57.73	57.99	56.73	57.67	57.53
3	58.18	55.37	57.1	57.61	57.07
4	57.1	56.48	56.79	57.23	56.90
5	57.86	56.48	56.35	56.54	56.81

Como se puede observar en el cuadro ocho el contenido de hule seco por tratamiento para posteriormente ser sometidos a un análisis de varianza, se puede observar que los rangos están entre 57.53 a 56.81%.

A continuación se presenta gráficamente (figura 7), el comportamiento promedio del Contenido de Hule Seco (DRC), expresado en porcentaje.

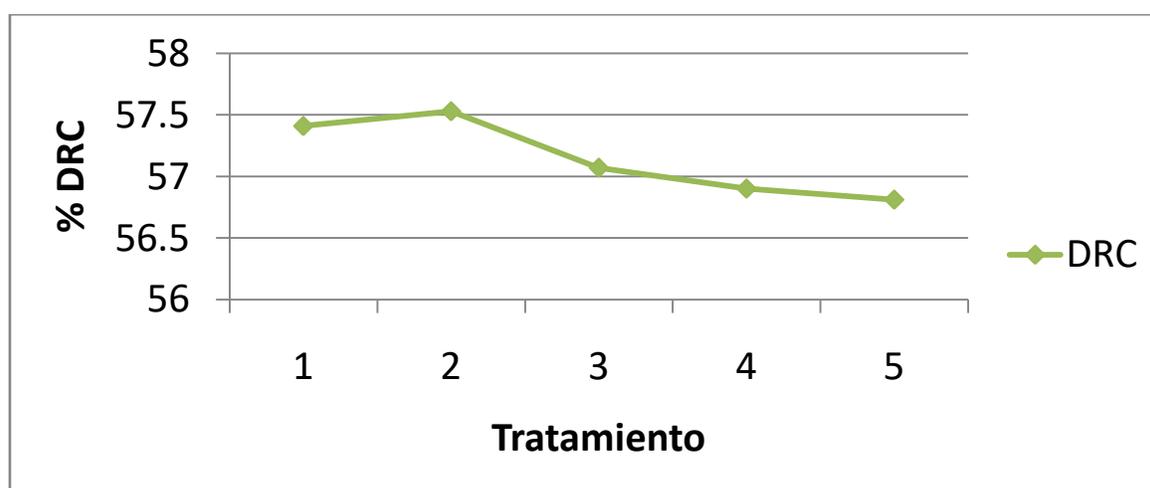


Figura 7: Contenido de Hule Seco (DRC) promedio en porcentaje por tratamiento

En la figura siete se observa el comportamiento gráfico en porcentaje del contenido de hule seco (DRC) por tratamiento, resaltando que el tratamiento dos (Biomín Phosgard) obtuvo un 57.53% , y como el tratamiento que menor contenido de hule seco obtuvo fue el testigo absoluto con un 56.81%.

A continuación en el cuadro nueve, se puede observar el análisis de varianza realizado a la variable rendimiento del Contenido de Hule Seco (DRC) por tratamiento evaluado.

Cuadro 9: Análisis de varianza del promedio de contenido de hule seco (DRC) por tratamiento evaluado, expresado en porcentaje (%).

FV	GL	SC	CM	F	P>F	SIG.
TRATAMIENTOS	4	1.609	0.402	0.691	0.614	Ns
BLOQUES	3	2.824	0.941	1.618	0.237	Ns
ERROR	12	6.98	0.581			
TOTAL	19	11.414				
CV	13.30%					

De acuerdo al cuadro nueve se puede observar el resultado del análisis de varianza de los resultados obtenidos donde se puede determinar que estadísticamente no existe diferencias significativas respecto al contenido de hule seco por tratamiento, quiere decir que cualquier tratamiento produce un DRC igual. Sin embargo se puede destacar que el tratamiento dos (Biomin Phosgard) obtuvo un DRC promedio de 57.53% en términos mercadológicos, indicando que de cada kilogramo de hule húmedo se obtiene 0.5753 kilogramos de hule seco, en segundo lugar se posiciona el tratamiento uno (Biomin zinc) con un DRC promedio de 57.41%, en tercera posición se encuentra el tratamiento tres (Biomin Calcio) con un DRC promedio de 57.07%, el tratamiento cuatro (Biomin Magnesio) se posiciona en cuarto lugar con un DRC promedio de 56.90% mientras que el testigo absoluto (tratamiento cinco) ocupa el último lugar con un DRC promedio de 56.81%. El contenido en hule seco, o DRC del látex, varía dentro de límites bastante amplios según el origen clonal, la edad de los cultivos, las condiciones climáticas, el ciclo vegetativo y las modalidades de la pica (intensidad de la pica, estimulación, situación del corte). (Compagnon, P. 1998).

Picas demasiado intensas, estimulaciones inadaptadas se traducirán por una baja del contenido en sacarosa y del DRC del látex. (Solís, I, 2006).

Se obtuvo una coeficiente de variación de 13.30% parámetro adecuado para el manejo de los datos de la investigación.

Situn A., M. (2005) expone que no es recomendable realizar una prueba multiple de medias ya que según el andeva anterior no existen diferencias en cuanto a los tratamientos evaluados.

IX. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el tratamiento dos (Biomin Phosgard) obtuvo el mayor rendimiento con 7.52 kilogramos de hule seco por árbol por año, el tratamiento uno (Biomin Zinc) que obtuvo el menor rendimiento de 7.22 kilogramos de hule seco por árbol por año, demostrándose estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que no existen diferencias significativas respecto al rendimiento de hule seco por árbol por año derivado del efecto provocado por cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica en el clon IRCA-41, por lo tanto la hipótesis alternativa planteada se rechaza.
2. Se demostró que el tratamiento dos (Biomin Phosgard) obtuvo el mayor contenido de hule seco (DRC) por tratamiento ascendiendo a 57.53%, el menor DRC lo obtuvo el tratamiento cinco (Sin aplicación) con un porcentaje de 56.81%, con esto se determinó que no existen diferencias significativas respecto al contenido de hule seco por tratamiento derivado al efecto provocado por cuatro fertilizantes orgánicos aplicados al panel de pica en el clon IRCA-41, por lo tanto se rechaza la hipótesis alternativa.
3. Debido a que la variable respuesta no presentó diferencias significativas respecto al rendimiento de kilogramos de hule seco por árbol por año producido por el efecto de la aplicación de cuatro fertilizantes al panel de pica, no fue necesario realizar el análisis económico por el método de presupuestos parciales para determinar la rentabilidad de cada tratamiento.

X. RECOMENDACIONES

1. No es conveniente la aplicación de fertilizantes de origen orgánico al panel de pica ya que estadísticamente con un nivel de significancia del 5% no muestra diferencias en cuanto al aumento considerable de la producción reflejado en el rendimiento de kilogramos de hule seco por árbol por año.
2. Reconsiderar el objeto de estudio de esta investigación con fines fitosanitarios, debido a que se observó una respuesta positiva en la sanidad del panel de pica controlando significativamente moho gris (*Ceratocystis fimbriata*) y raya negra (*Phytophthora palmivora*).

XI. BIBLIOGRAFÍA

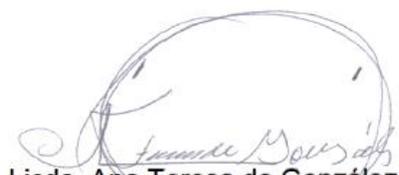
1. AGEXPORT (Asociación de Exportadores). 2014. Exportación de Hule en Guatemala. (En línea. Consultado el Martes, 27 de enero de 2015, 11:22. Disponible en:
<http://agexporthoy.export.com.gt/agexport/guatemala-mayor-exportador-de-caucho-en-latinoamerica/>
2. Azcón B., J; Talón, M. 2013. Fundamentos de Fisiología Vegetal. (2ª ed.). Barcelona, España. Edit. McGraw-Hill. 651 p.
3. Compagnon, P. 1998. El caucho natural: biología, cultivo, producción. México DF., Editado por el Consejo Mexicano del Hule. 701 p.
4. Cronquist, A. 1962. Vascular plants of the pacific northwest. University of Washington Press. Seattle, Estados Unidos. Edit. Columbia press.
5. Cruz, R. de la. 1982. Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Guatemala. Edit. MAGA.
6. Esau, K. 1972. Anatomía de las plantas con semilla. Barcelona, España. Edit. Omega. 734 p.
7. Frey-wyssling, A., 1929. Microscopic investigations in the occurrence of resins in hevea latex. Rubber cultuur. Holanda. p392-412.
8. GREMHULE (Gremial de Huleros). 2000. Manual práctico del cultivo del Hule. Guatemala, Guatemala. p35–119.
9. _____. 2005. Calendario Hulero. Guatemala, Guatemala. 32 p.

10. _____. 2010. Manual práctico del cultivo de hule *H. brasiliensis*. (2ªed.). Guatemala, Guatemala. 130 p.
11. Ingenio El Pilar S.A. Departamento del Cultivo de Hule. 2014. Memoria de labores e Información de sistema Oracle. Ingenio El Pilar S.A. San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.
12. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala). 2014. Cuenca hidrográfica de Retalhuleu (en línea). Consultado el 15/02/2014. Disponible en: http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/climaticos/climatico_m_01022014.pdf
13. Jacob, J.L. 1997. Fisiología del látex del hevea y su influencia en los sistemas de explotación. Guatemala, Guatemala. Informe de Misión CIRAD en Guatemala. 55 p.
14. Laigneu, J.C. 1997. Misión de Tecnología de látex. Guatemala, Guatemala. Informe de Misión CIRAD en Guatemala. p 12 – 28.
15. León, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 487 p.
16. Meléndez, R.A. 2013. Evaluación de cinco frecuencias de pica en el rendimiento de hule seco en Kg/Ha en el cultivo de (*Hevea brasiliensis*) *Muell.*, Euphorbiaceae, bajo el sistema de pica inversa en Chicacaco, Suchitepéquez. (Investigación Inferencial, Carrera de Agronomía Tropical). Mazatenango, Suchitepéquez, Guatemala. USAC. CUNSUROC.
17. Meunier, A. 1912. l'ap pareil laticifèredes cautchoutiers. Bélgica, Bélgica. Edit. imprimerieindustrielle et financière. 51 p.

18. Omont, H. 1,996. Informe de Misión sobre Nutrición Mineral en Guatemala. Guatemala, Guatemala. Informe de Misión CIRAD en Guatemala. p 38-45.
19. Orozco M., MT. 2011. Comparación de cuatro productos de origen orgánico, aplicados al panel de pica, para producción de látex en hule (*Hevea brasiliensis* muell, arg. euphorbiaceae), en finca Guanacaste, Coatepeque, Quetzaltenango. (Tesis Ing. Agr.). Guatemala, Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
20. Ovalle Valdez, CA. 1975. Manual del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) en Guatemala. Retalhuleu, Guatemala. Dirección General de Servicios Agrícolas. Centro Experimental Los Brillantes.
21. Palencia, C. 2000. Manual general del cultivo de hule *Hevea brasiliensis*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Guatemala, Guatemala. USAC. Facultad de Agronomía. 100 p.
22. Payeras, A. 2008. Fosfitos potásicos. (En línea. Consultado Miércoles, 27 de feb. de 2008, 10:22. Disponible en <http://www.bonsaimenorca.com/index.-php/2008022750/Fosfito-Potasico.html>).
23. Pujarnisclé, S.; Ribaillier, D. 1966. Etude préliminaire sur les lutoïdes du latex et leur possibilité d' intervention dans la biosynthèse du caoutchouc. Paris, Francia. Boletín No.43, p226-228.
24. Rincón Sepulveda, O. 1996. Manual para el cultivo del caucho, fisiología. Ed. CORDICAFE. Santafé de Bogota, Colombia. 194p.
25. Simmons, CS; Tárano T., JM.; Pinto Z., JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado- Sulsona. Guatemala, Guatemala. Edit. José de Pineda Ibarra. 1000 p.

26. Sitún A., M. 2005. Investigación Agrícola. Guía de Estudio. E.N.C.A. Guatemala, Guatemala. 137 p.
27. Solís, I. 2,006 Informe final de las actividades realizadas en la Industria productora de Hules refinados S.A. Programa PPS. ITAC Coatepeque. p35-37.
28. Strasburger, E. 1994. Tratado de Botánica. (8ª ed.). Barcelona, España. Ediciones Omega S.A. 1152 p.
29. TECNHULE. 1998. Generalidades del hule natural, calidad y su control. Boletín Técnico Numero 1. Guatemala, Guatemala. p20-23.
30. Tello C., GV. (1993). Evaluación de cuatro concentraciones de acido 2 cloro etil Fosfónico en cuatro intensidades de pica; sobre la producción de hule (*Hevea brasiliensis*). (Tesis Ing. Agr.). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala, GT.
31. Tupy, J. 1969. Stimulatory effects of 2,4-dichlorophenoxyaceticacid and 1-Naphtyl aceticacid on sucrose level invertase activity and sucrose utilization in the latex of *Hevea brasiliensis*. Kuala Lumpur, Malasia. Edit. Springer. p144-153.

Vo.Bo.



Licda. Ana Teresa de González
Bibliotecaria
CUNSUROC



XII. ANEXOS

Cuadro 10: Potencial productivo en kg de hule seco por árbol, año, clon y edad de la plantación.

				EDAD DE PLANTACIÓN								
kg/árbol/ año/clon	CLON	ORIGEN	PADRES	6	7	8	9	10	11	12	14	
		PB-280	MALASIA	PBIG X SEEDLING	2.7	3.8	4.8	5.6	5.8	5.7	6.2	6.3
		RRIM- 600	MALASIA	Tjir X PB86	1.7	2.6	3.6	4.3	4.7	5.1	5.3	5.5
		IRCA-41	COSTA DE MARFIL	GT1 X PB551	1.4	2.7	4	4.6	4.9	4.5	5	5.4

Fuente: GREMHULE, (2000).

Cuadro 11: Boleta utilizada para la recolección de datos de producción durante la investigación de campo.

BOLETA DE DATOS DE PRODUCCIÓN				
FECHA				
		LITROS LATEX	Kg hule	Kg hule seco
R1	T1			
	T2			
	T3			
	T4			
	T5			
R2	T1			
	T2			
	T3			
	T4			
	T5			
R3	T1			
	T2			
	T3			
	T4			
	T5			
R4	T1			
	T2			
	T3			
	T4			
	T5			

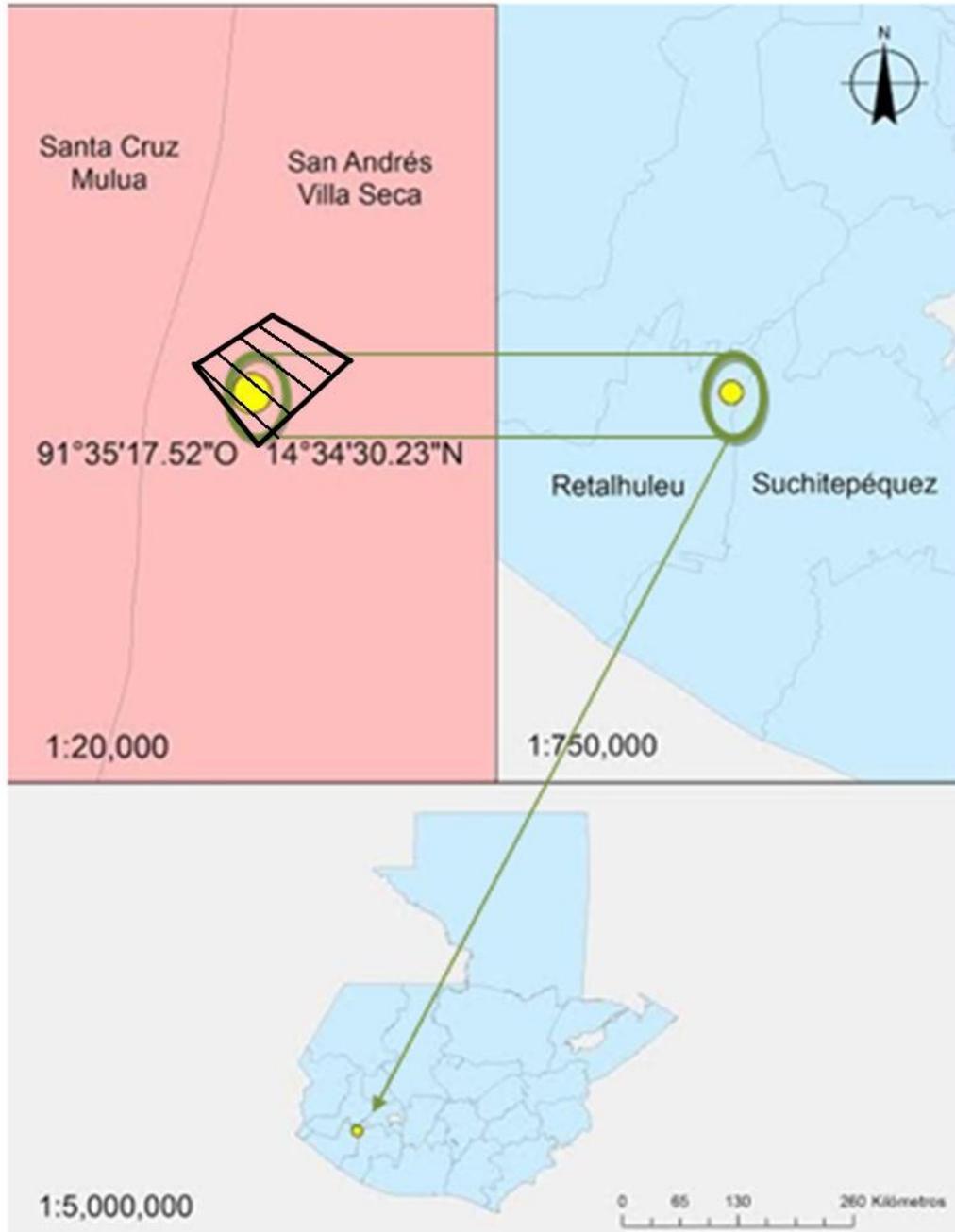


Figura 8: Localización geográfica de la finca San José Las Victorias.

Cuadro 12: Certificado de origen orgánico de los fertilizantes usados en esta investigación.



STATE OF CALIFORNIA
DEPARTMENT OF FOOD AND AGRICULTURE
FEED, FERTILIZER, AND LIVESTOCK DRUGS REGULATORY SERVICES
1220 N STREET
SACRAMENTO, CA 95814

CERTIFICATE OF REGISTRATION FOR ORGANIC INPUT MATERIALS

NON TRANSFERABLE



FIRM NO. 11889

Firm

JH BIOTECH INC
4951 OLIVAS PARK DR
VENTURA, CA 93003-7667

is authorized to manufacture, deliver or sell in California the products listed below. Registration is not an endorsement by the Department of Food and Agriculture of any product or any claim made for it. No reference may be made to the State of California Department of Food and Agriculture in labeling or advertisements. Registration may be canceled after hearing at any time for just cause. The composition of each product and the label used on it must be the same as those submitted by the registrant.

Organic Input Material

1. AQUA POWER 5-1-1. Issued: Sep 10, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
2. BIOMIN BOOSTER (126) 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
3. BIOMIN BOOSTER (153) 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
4. BIOMIN BOOSTER (221) 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
5. BIOMIN BOOSTER (235) 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
6. BIOMIN BOOSTER 11 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
7. BIOMIN BORON 1-0-0. Issued: Sep 25, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
8. BIOMIN CAL-BORO CALCIUM WITH BORON. Issued: Nov 1, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
9. BIOMIN CAL-BORO LIGHT 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
10. BIOMIN CALCIUM 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
11. BIOMIN COPPER 1-0-0. Issued: Jan 22, 2013. Expires: Dec 31, 2013.
12. BIOMIN IRON 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
13. BIOMIN MAGNESIUM 1-0-0. Issued: Sep 25, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
14. BIOMIN MANGANESE 1-0-0. Issued: Sep 24, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
15. BIOMIN ZINC 1-0-0. Issued: Sep 25, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
16. HUMAX. Issued: Sep 13, 2012. Expires: Dec 31, 2013.
17. MIXWELL COMPLEXING AGENT. Issued: Feb 5, 2013. Expires: Dec 31, 2013.
18. NATURAL WET
(10% Saponin) Issued: Mar 20, 2012. Expires: Dec 31, 2013.

Fuente: JH Biotech (2014).



Figura 9: Marcación de la unidad experimental dentro de plantación, en campo definitivo.



Figura 10: Aleatorización de los diferentes tratamientos en una unidad experimental en campo.



Figura 11: Aplicación de los fertilizantes foliares combinada con la aplicación fitosanitaria.



Figura 12: Dosificación de los fertilizantes foliares.



Figura 13: Fertilizantes orgánicos utilizados en la evaluación.



Figura 14: Identificación y medición del látex por tratamiento evaluado.



Figura 15: Distribución de los recipientes utilizados en cada tratamiento evaluado.



Figura 16: Colocación de los coágulos de hule húmedo por tratamiento evaluado.



Figura 17: Almacenaje de coágulos de hule húmedo obtenidos en la evaluación.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Mazatenango, 29 de agosto 2,018.

Centro Universitario del Suroccidente
CUNSUROC
Mazatenango, Suchitepéquez.

Señores:

Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario del Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el trabajo de Graduación, titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO FERTILIZANTES ORGÁNICOS APLICADOS AL PANEL DE PICA EN EL CULTIVO DE HULE *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. EN FINCA SAN JOSÉ LAS VICTORIAS, SAN ANDRÉS VILLA SECA, RETALHULEU”**; Investigación presentada previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado, esperando favorezca su aprobación.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in blue ink, reading 'Fernando Bosque Tejada', enclosed within a large, stylized blue oval.

T.P.A. Fernando Antonio Bosque Tejada

Carné: 200942081

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Mazatenango, 29 de agosto 2,018

Centro Universitario del Sur occidente
CUNSUROC
Mazatenango, Suchitepéquez.

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario del Sur Occidente
Mazatenango, Suchitepéquez

Respetable Ingeniero:

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que cumpliendo con el nombramiento que nos fuera asignado, he procedido a revisar el trabajo de graduación del estudiante: Fernando Antonio Bosque Tejeda, Carné 200942081, el cual lleva el título **“EVALUACIÓN DE CUATRO FERTILIZANTES ORGÁNICOS APLICADOS AL PANEL DE PICA EN EL CULTIVO DE HULE Hevea brasiliensis (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. EN FINCA SAN JOSÉ LAS VICTORIAS, SAN ANDRÉS VILLA SECA, RETALHULEU”**.

Luego de la revisión del informe escrito, considero que el mismo llena los requisitos para continuar con los trámites correspondientes que rigen este Centro Universitario y firmo la presente dando fe de lo antes mencionado.

Sin nada más que agregar, me suscribo de su persona.

Atentamente:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Antonio Barrera Arenales', written over a horizontal line.

Ing. Agr. MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Revisor

Carrera de Agronomía Tropical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Centro Universitario de Sur occidente
CUNSUROC
Mazatenango, Suchitepéquez.

Mazatenango, 19 de septiembre 2,018.

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director del Centro Universitario de Sur Occidente

Respetable Director:

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias, la presente es para informarle que he revisado el Informe Final de Investigación Inferencial, elaborado por el estudiante T.P.A. **FERNANDO ANTONIO BOSQUE TEJEDA**, Carné 200942081; titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO FERTILIZANTES ORGÁNICOS APLICADOS AL PANEL DE PICA EN EL CULTIVO DE HULE Hevea brasiliensis (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. EN FINCA SAN JOSÉ LAS VICTORIAS, SAN ANDRÉS VILLA SECA, RETALHULEU”**.

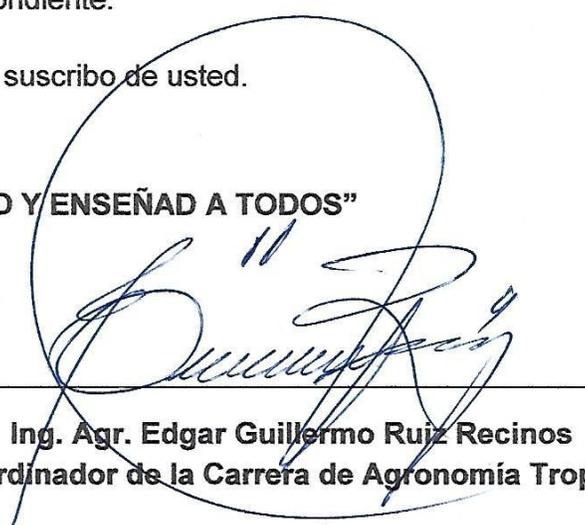
Como coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Fernando Antonio Bosque Tejeda, ha cumplido con el normativo del trabajo de graduación, razón por la cual someto a consideración el documento para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente



“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-07-2018

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, siete de noviembre de dos mil dieciocho._____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE CUATRO FERTILIZANTES ORGÁNICOS APLICADOS AL PANEL DE PICA EN EL CULTIVO DE HULE Hevea brasiliensis (Willd. Ex A. Juss.) Müll. Arg EN FINCA SAN JOSÉ LAS VICTORIAS SAN ANDRÉS VILLA SECA, RETALHULEU", del estudiante: Fernando Antonio Bosque Tejeda, carné 200942081 CUI: 1980 84242 1006 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director



/gris