

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACION**



**EVALUACION DE LA VINAZA COMO FERTILIZANTE EN ALMACIGO DE
HULE (*Hevea brasiliensis*) EN FINCA TULULA S.A. SAN ANDRES VILLA SECA,
RETALHULEU**

**BAYRON OMAR PEREZ GONZALEZ
200740488**

MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ OCTUBRE DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE**

AUTORIDADES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo	Rector
Dr. Carlos Enrique Camey Rodas General	Secretario

CONSEJO DIRECTIVO

DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano	Director
----------------------------------	----------

REPRESENTANTES DE DOCENTES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario
Dra. Mirna Nineth Hernández Palma	Vocal

REPRESENTANTES GRADUADOS DEL CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejía	Vocal
---------------------------------	-------

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

Lcda. Elisa Raquel Martínez González	Vocal
Br. Irrael Estuardo Arriaza Jerez	Vocal

**AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE**

Coordinador Académico

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Carrera de Administración de Empresas

M.Sc. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

Coordinador de la Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Coordinador de la Carrera de Pedagogía

Lic. Mauricio Cajas Loarca

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Alimentos

Ph.D. Marco Antonio del Cid Flores

Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos

**Coordinador de la Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,
Abogado y Notario**

M.Sc. Tania María Cabrera Ovalle

Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Inga. Agra. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume

Coordinador de Área

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del Centro Universitario del Sur Occidente

Coordinadora de la carrera de Pedagogía

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

**Encargada Carrera de Técnico Periodista Profesional y Licenciatura en
Ciencias
de la Comunicación**

M.Sc. Paola Marisol Rabanales

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA



Centro Universitario de Sur Occidente
CUNSUROC
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango, 10 de Agosto 2017.

Señores:
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario del Suroccidente
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 la vinaza como fertilizante en almácigo de hule (*Hevea brasiliensis*) en finca Tumulá S.A. “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.

T.P.A. Bayron Omar Pérez González
Carné: 200740488

DEDICATORIA

A DIOS

Por ser el centro de mi vida y darme la sabiduría necesaria, guiarme e iluminarme en todo tiempo, logrando culminar una parte muy importante de mi formación profesional.

A MIS PADRES

Por ser el apoyo más grande e importante durante mi educación, y que este logro sea una pequeña muestra de su inmenso amor y esfuerzo para mi persona.

A MIS HERMANAS

Por su ayuda, confianza, colaboración, apoyo y amor.

A MIS AMIGOS

Por su amistad y apoyo incondicional en todos los momentos que hemos compartido.

AGRADECIMIENTO

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser la entidad educativa donde obtuve mi formación profesional.

A MI ASESOR

Ph. D. Milton Leonel Chan Santisteban

Por compartir de sus conocimientos y brindarme el apoyo necesario para alcanzar esta meta.

A LOS DOCENTES DE LA CARRERA AGRONOMÍA TROPICAL

Por compartir sus valiosos conocimientos en el trayecto de mi carrera y formarme como un profesional.

A INGENIO TULULA

En especial al Gerente Agrícola Ing. Pablo Fernando Lembke y Jefe de Heveicultura, Jesús Duarte por permitirme realizar el Ejercicio Profesional Supervisado EPS, y brindarme su apoyo y confianza.

INDICE GENERAL

Contenido	Pág.
I. RESUMEN	ix
II. INTRODUCCION	1
III. REVISION DE LITERATURA	2
1. Marco conceptual.....	2
1.1 Cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>)	2
1.2 Origen del Hevea.....	2
1.3 Clasificación taxonómica	2
1.4 Morfología.....	3
1.4.1 El sistema radicular	3
1.4.2 El follaje	3
1.4.3 El tallo.....	4
1.5 Requerimientos físicos.....	5
1.5.1 Latitud	5
1.5.2 Altitud	6
1.5.3 Ecología.....	6
1.5.4 Topografía.....	7
1.5.5 Suelos	7
1.6 Clones	7
1.7 Almácigos de Hevea	8
1.8 Producción de tocones injertados al suelo (injerto de corteza café).....	9
1.8.1 Ventajas.....	9
1.8.2 Desventajas	10
1.9 Producción de plantas en bolsa. Este método tiene tres variantes.	10
1.9.1 Producción de plantas a partir de siembras en bolsa de tocones previamente injertados en el suelo (injerto en corteza café al suelo)..	10
1.9.2 Producción de plantas injertadas a partir de la siembra directa del patrón a bolsa en corteza café.....	11

1.9.3 Producción de plantas injertadas a partir de la siembra directa del patrón a bolsa en corteza verde.....	11
1.10 Viveros del cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	12
1.11 Almacigos en bolsa.....	12
1.12 Manejo de Planta Injertadas del cultivo de caucho	13
1.13 Fertilización en almacigos.....	14
1.13.1 Almacigos de patrones al suelo	15
1.13.2 Almacigos de tocones brotados en bolsa.....	15
1.13.3 Almacigos de patrón sembrados directamente a bolsa (Injerto en corteza verde y café).....	16
1.14 Requerimientos nutriciones del Hevea	19
1.15 Elementos a tomar en cuenta para un programa de fertilización.....	20
1.16 Las respuestas a las aplicaciones no son idénticas según los elementos aportados.....	20
1.17 Las respuestas a las aportaciones varían según la edad de los árboles	20
1.18 Una fertilización eficiente supone una elección adecuada de las modalidades de aplicación	21
1.19 Exigencias nutricionales y síntomas de las deficiencias de estos	21
1.19.1 Nitrógeno	21
1.19.2 Fósforo	22
1.19.3 Potasio	23
1.19.4 Calcio.....	24
1.19.5 Magnesio	24
1.19.6 Zinc	25
1.19.7 Cobre.....	25
1.19.8 Boro	26
1.20 Vinaza de melaza.....	26
1.20.1 Modo de acción de la vinaza en el suelo.....	27
2 Marco Referencial.....	28
2.1 Localización.....	28
2.2 Ubicación geográfica.....	29

2.3 Descripción ecológica.....	29
2.3.1 Zona de vida.....	29
2.3.2 Clima.....	29
2.3.3 Suelo.....	29
2.3.4 Relieve.....	30
2.3.5 Hidrología.....	31
2.3.6 Vientos.....	31
2.4 Material vegetativo utilizado.....	31
2.4.1 Clon RRIM-600.....	31
2.4.2 Clon GV-17	32
2.5 Estudios realizados sobre la aplicación de vinaza.....	32
2.5.1 Efecto de la vinaza en la producción de caña de azúcar.....	32
IV. OBJETIVOS	35
1. General	35
2. Específicos.....	35
V. HIPOTESIS	36
VI. MATERIALES Y METODOS.....	37
3 Materiales.....	37
3.1 Herramienta y equipo.....	37
4 Metodología	37
4.1 Diseño experimental.....	37
4.1.1 Modelo Estadístico Diseño completamente al azar con arreglo Bifactorial	38
4.1.2 Modelo Estadístico Diseño completamente al azar	38
4.1.3 Unidad experimental	39
4.1.4 Análisis de varianza para las variables experimentales.....	40
4.2 Manejo de la evaluación.....	40
4.2.1 Selección y preparación del terreno	40
4.2.2 Fertilización del experimento	41

4.2.3 Metodología para realizar el cálculo de las concentraciones de vinaza de malaza pura aplicadas	42
4.2.4 Deshijes	44
4.2.5 Riego	44
4.2.6 Enfermedades	45
4.2.7 Diámetro del tallo.....	45
4.2.8 Altura del brote.....	46
4.2.9 Biomasa de Raíces y Brotes de injertos.....	47
4.2.10 Determinar si existe variación entre las propiedades químicas y físicas del suelo después de la aplicación	48
4.2.11 Estimar costos de mano de obra de los tratamientos en la aplicación de vinaza.....	49
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
1 Diámetro del tallo del brote.....	50
2 Altura del tallo del brote	51
3 Biomasa Radicular.....	53
4 Biomasa Foliar.....	58
5 Características químicas y estructura del suelo	61
6 Estimación de costos de mano de obra de los tratamientos en la aplicación de vinaza	67
VIII. CONCLUSIONES.....	70
IX. RECOMENDACIONES	72
X. BIBLIOGRAFIA	73
XI. ANEXOS	76

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Contenido	Pág.
1.	Programa de fertilización para almácigo de patrones al suelo	15
2.	Programa de fertilización para almácigos de tocones brotados en bolsa.....	16
3.	Programa de fertilización para almácigos de patrón sembrado en bolsa.....	17
4.	Programa de fertilización foliar para almácigo	18
5.	Insumos y jornales utilizados para la producción 12000 plantas de almácigo	18
6.	Análisis químico de la vinaza	34
7.	Tratamientos, dosis de vinaza y frecuencia de aplicación	42
8.	Fechas de las aplicaciones de los tratamientos.....	43
9.	Análisis de varianza para la variable biométrico diámetro del tallo del brote DCAB.....	50
10.	Análisis de varianza para la variable biométrico diámetro del tallo del brote DCA.....	51
11.	Análisis de varianza para la variable de respuesta biométrica altura del tallo del brote DCAB.....	52
12.	Análisis de varianza para la variable altura del tallo DCA.....	53
13.	Análisis de varianza para la variable biomasa radicular DCAB.....	54
14.	Prueba de medias de Tukey 0.01% biomasa radicular DCAB	54
15.	Análisis de varianza para la variable biomasa radicular DCA	55
16.	Prueba de medias de Tukey 0.01% biomasa radicular DCA.....	56
17.	Análisis de varianza para la variable de respuesta biométrica biomasa foliar en gramos.....	58
18.	Prueba de medias de Tukey 0.01% biomasa foliar DCAB.....	59
19.	Análisis de varianza para la variable biomasa DCA.....	60
20.	Prueba de medias de Tukey 0.01% biomasa foliar DCA	60
21.	Resultados de los análisis de suelo antes y después de la aplicación de vinaza de melaza realizado en CENGICAÑA.....	62

22. Resultados sobre la estimación de costos de jornales por tratamiento evaluado	67
23. Datos obtenidos durante la medición para realizar los cálculos de la variable diámetro (mm) del tallo DCAB	84
24. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable diámetro (mm) del tallo DCA.....	85
25. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable altura (cm) del tallo DCAB.....	85
26. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable altura (cm) del tallo DCA.....	86
27. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable raíces DCAB.....	86
28. Tabla de Medias obtenidas durante la evaluación de la biomasa Radicular de los tratamientos de vinaza DCAB	87
29. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable radicular DCA	87
30. Tabla de Medias obtenidas durante la evaluación para realizar la prueba de media de Tukey al 0.01% de la biomasa radicular DCA.....	88
31. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable biomasa foliar DCAB	88
32. Tabla de Medias obtenidas durante la evaluación de la biomasa foliar DCAB	89
33. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable foliar DCA.....	89
34. Tabla de Medias obtenidas durante la evaluación para realizar la prueba de media de la biomasa foliar DCA.....	90

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Contenido	Pág.
1.	Planta injertada de hule en bolsa de polietileno con dos ciclos foliares	14
2.	Localización del experimento en el área de almacigo de finca Tululá	28
3.	Dimensiones del área experimental y distribución de las repeticiones y tratamientos.....	39
4.	Preparación del terreno para las plantas injertadas en bolsa.....	40
5.	Despatronado y colocación del almacigo de hule sembrado en bolsa	41
6.	Aplicación de vinaza de melaza al almacigo en bolsa.....	44
7.	Medición del diámetro en el brote del injerto de hule.....	46
8.	Medición de la variable altura de brote de hule	47
9.	Medias obtenidas de la biomasa de raíces.....	57
10.	Conductividad Electrica, pH y Materia organica resultados obtenidos de los analisis de suelo realizado por el laboratorio CENGICAÑA	63
11.	Macro y micro elementos obtenidos de los resultados de análisis de suelo realizado por el laboratorio CENGICAÑA.....	64
12.	Costos de mano de obra por tratamiento	68
13.	Resultados de análisis químico y físico del suelo antes y después de la aplicación de vinaza.....	76
14.	Reporte de análisis de vinaza: aplicación general a los tratamientos 1:6 (3/6/2015)	77
15.	Reporte de análisis de vinaza: primera aplicación a los tratamientos 1,4(11/6/2015).....	78
16.	Reporte de análisis de vinaza: Segunda aplicación a los tratamientos 2,5(15/6/2015).....	79
17.	Reporte de análisis de vinaza: Tercera aplicación a los tratamientos 1,4,3,6 (19/6/2015).....	80
18.	Reporte de análisis de vinaza: Cuarta aplicación a los tratamientos 1,4,2,5 (27/6/2015).....	81

19. Reporte de análisis de vinaza: Quinta aplicación a los tratamientos	
1,4,3,6 (5/7/2015).....	82
20. Formato de toma de datos de las variables del experimento.....	83
21. Formato de toma de datos de la variable biomasa	84

I. RESUMEN

La finca Tululá se localiza en el municipio de San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, en las coordenadas 14°30'16'' latitud Norte y 90°35'03'' longitud Oeste, en el kilómetro 173 carretera departamental que conduce de Cuyotenango al municipio San José la Máquina.

La empresa Tululá se dedica a los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum spp*) y de hule (*Hevea brasiliensis*). La caña de azúcar es utilizada para fabricar alcohol en cuyo proceso se genera como subproducto la vinaza. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la vinaza como fertilizante en fase de almacigo de hule (*Hevea brasiliensis*).

Se estableció un experimento con un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial en el que se evaluaron los siguientes factores: dos dosis de potasio a base de vinaza 1.13 g de potasio (K) por planta y 2.25 g de K por planta y tres intervalos de aplicación: A cada 8, 12 y 16 días. Como una extensión del experimento se evaluaron, dos tratamientos adicionales: el testigo absoluto (sin fertilizante) y el testigo relativo (con fertilizante comercial). Las variables evaluadas fueron diámetro, altura de tallo, biomasa radicular y biomasa foliar.

Como resultado se obtuvo que las variables biomasa radicular y foliar, presentaron interacción entre los factores dosis y frecuencia de aplicación de potasio a base de vinaza, por lo que se realizaron pruebas múltiples de medias para las dos variables. Se determinó que el tratamiento con mayor masa foliar fue el de la aplicación de 1.13 g de K por planta a cada 12 días y el de menor masa foliar fue el de 2.25 g de K por planta a cada 16 días. Para la biomasa radicular el tratamiento de 1.13 g de K por planta a cada 8 días presentó la menor masa.

EL testigo relativo y testigo absoluto produjeron las menores masas radiculares junto a los tratamientos de 2.25 g de k por planta a cada 12 días y 1.13 g de k por planta a cada 8 días. Para la biomasa foliar solo los tratamientos de 1.13 g de k por planta aplicados cada 12 y cada 16 días fueron mayores a los testigos (absoluto y relativo).

Después de las aplicaciones de vinaza, solo se observaron cambios en el pH del sustrato. En los tratamientos donde se aplicó vinaza los elementos acumulados fueron potasio y magnesio, los elementos que decrecieron fueron fósforo, cobre, zinc, lo que puede atribuirse a una mejor absorción de dichos elementos por las plantas de hule (*H. brasiliensis*) ya que el pH se ubicó en el rango 6 a 7 que es el rango óptimo para la absorción de los elementos.

El análisis económico indica que los costos de mano de obra de los tratamientos de 1.13 g de K por planta a cada 16 y a cada 12 días se obtienen los menores costos, que ascienden a Q 8,187.00 y Q 10,233.75 respectivamente

Para finalizar se concluye que el tratamiento de 1.13 g de k a base de vinaza por planta a cada 16 días produjo la mayor masa foliar y radicular al menor costo.

I. ABSTRACT

The Ranch Tululá is located at San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, at coordinates 14 ° 30'16" North latitude and 90 ° 35'03" West longitude, at kilometer 173 departmental road leading from Cuyotenango to San José la Máquina, Suchitepéquez.

The company Tululá is dedicated to the cultivation of sugarcane (*Saccharum spp*) and rubber (*Hevea brasiliensis*). Sugar cane is used to make alcohol in which the vinasse is generated as a byproduct. The objective of the present investigation was to evaluate the effect of vinasse as fertilizer in the rubber storage phase (*Hevea brasiliensis*).

An experiment was carried out with a completely randomized design with bifactorial arrangement in which the following factors were evaluated: two doses of potassium based on vinasse 1.13 g of potassium (K) per plant and 2.25 g of K per plant and three intervals of application: Every 8, 12 and 16 days. As an extension of the experiment, two additional treatments were evaluated: the absolute control (without fertilizer) and the relative control (with commercial fertilizer). The variables evaluated were diameter, stem height, root biomass and foliar biomass.

As a result it was obtained that the variables radicular and foliar biomass, showed interaction between the dose and frequency factors of application of potassium based on vinasse, so that multiple tests of means for the two variables were performed. It was determined that the treatment with greater foliar mass was the application of 1.13 g of K per plant every 12 days and the one of smaller leaf mass was of 2.25 g of K per plant every 16 days. For the root biomass treatment of 1.13 g K per plant every 8 days presented the lowest mass.

The relative witness and absolute control produced the lowest root masses along with treatments of 2.25 g of k per plant every 12 days and 1.13 g of k per plant

every 8 days. For leaf biomass only treatments of 1.13 g k per plant applied every 12 and 16 days were greater than controls (absolute and relative).

After vinasse applications, only changes in pH of the substrate were observed. In the treatments where vinasse was applied the accumulated elements were potassium and magnesium, the elements that decreased were phosphorus, copper, zinc, which can be attributed to a better absorption of these elements by the rubber plants (*H. brasiliensis*) since the PH is located in the range 6 to 7 which is the optimum range for the absorption of the elements.

The economic analysis indicates that the labor costs of treatments of 1.13 g of K per plant every 16 and every 12 days are obtained the lowest costs, which amount to Q 8,187.00 and Q 10,233.75 respectively

It is concluded that the treatment of 1.13 g of k with vinaza per plant every 16 days produced the highest foliar and root mass at the lowest cost

II. INTRODUCCION

La presente investigación se llevó a cabo en la Finca Tululá que se localiza en las coordenadas 14°30'16'' latitud Norte y 90°35'03'' longitud Oeste, en el kilómetro 4.5 carretera al municipio San José la Máquina, en el municipio de San Andrés Villa Seca, departamento de Retalhuleu. La empresa Tululá ocupa el 80% del área disponible de la finca con el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*) y el restante 20% con el cultivo de Hule (*Hevea brasiliensis*).

La fertilización es importante para el crecimiento de las plantas de hule (*Hevea brasiliensis*), en viveros o almácigos. En esta etapa se inicia la formación de los vasos laticíferos de las plantas. Por lo anterior se deben aportar todos los macro y micronutrientes necesarios para obtener una planta lista para ser plantada en el campo definitivo.

En el año 2015 el ingenio Tululá generaba 1410 m³ de vinaza por día. Debido al contenido de materia orgánica, este residuo presenta una elevada demanda bioquímica de oxígeno, lo que la convierte en un agente contaminante para el medio ambiente si se vierte a las fuentes de agua o se usa sin precaución. En la actualidad se evalúan otras opciones de uso y así mitigar los problemas ambientales a futuro.

La vinaza tiene propiedades nutritivas favorables para el cultivo de caña de azúcar. Entre los resultados obtenidos con la aplicación de este subproducto se han observado aumentos de productividad y sostenibilidad de los cañaverales de dos a cinco años de edad. (Copersucar, 1978).

En el presente trabajo se evalúa la vinaza de melaza pura en almácigos de caucho sembrados en bolsa, como una alternativa a los fertilizantes tradicionales.

III. REVISION DE LITERATURA

1. Marco conceptual

1.1 Cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*)

1.2 Origen del Hevea

El hule Hevea es originario de la región amazonia del Brasil y países vecinos. En la selva amazónica se encuentran en forma silvestre las nueve especies del género; siendo estas las siguientes (Compagnon, 1998):

1. *Hevea brasiliensis*
2. *Hevea benthamiana*
3. *Hevea pauciflora*
4. *Hevea spruceana*
5. *Hevea viridis*
6. *Hevea guyanensis*
7. *Hevea rigidifolia*
8. *Hevea microphylla* o *minor*
9. *Hevea camporum*

1.3 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del *H. brasiliensis* es la siguiente (Compagnon, 1998):

- Reino: Vegetal
- Sub-reino: Embryobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Sub-clase: Rosidae
- Orden: Euphorbiales
- Familia: Euphorbiaceae

Género: Hevea
Especie: *Hevea brasiliensis*

1.4 Morfología

1.4.1 El sistema radicular

La raíz pivotante se desarrolla a varios metros de profundidad; atravesando los diferentes estratos que el suelo presenta.

En almacigo el sistema es recepado o cortado, seccionando la pivotante a una profundidad de 40 centímetros abajo del cuello de la planta. Esta raíz se subdivide en una serie de pivotantes secundarias, que tiene una tendencia a buscar cierta profundidad (Compagnon, 1998).

El sistema radicular secundario, inicia con 10 a 15 raicillas, formadas a partir del cuello de la raíz pivotante. Desde estas raíces laterales, la pivotante obtiene una profundidad de 10 metros o más. Existe un abundante desarrollo de raicillas en la superficie del suelo. Del 30 al 60% de las raíces se desarrollan a una profundidad entre 0 a 7.5 centímetros. Este colchón de raicillas tiene la particularidad de remover los restos vegetales en descomposición que están sobre la superficie del suelo (Compagnon, 1998).

1.4.2 El follaje

Una planta joven de Hevea se desarrolla por emisiones periódicas de estados o pisos foliares, llamados “coronas”. Una

corona está compuesta por la base de follaje anterior, el tallo central, más arriba una glándula de tallos foliares (nectaridos extraflorales) y sobre éstas un área con un promedio de 15 hojas (Compagnon, 1998).

El ciclo de formación de una corona, comprende 4 estados, distribuidos en un promedio de 42 días:

- Estado A (9 días): se inicia la brotación de la nueva corona comenzando a aparecer en la parte terminal de la corona anterior.
- Estado B (11 días): los entrenudos se alargan y el follaje toma una tonalidad rojiza debida a la presencia de pigmentos antocianínicos, la cual desaparece cuando los limbos se desarrollan.
- Estado C (10 días): los limbos restantes crecen, tornándose de color verde claro, de consistencia suave y colgando del peciolo.
- Estado D (12 días): los limbos se endurecen y se tornan firmes.

1.4.3 El tallo

La parte vegetativa económicamente importante en el Hevea la constituye el tallo, cuyo desarrollo de las partes internas determina en forma directa el inicio de la explotación. Este desarrollo depende de: el tipo de clon, el ambiente, los nutrientes, el agua y el manejo agronómico que se brinde al cultivo durante la etapa de crecimiento (Compagnon, 1998).

En su estado natural, los troncos del Hevea son ligeramente cónicos en la base, con la corteza de un color verde grisáceo. En

plantaciones comerciales las plantas son uniformes, los troncos son cilíndricos a cualquier distancia del suelo. En la unión entre el patrón y el injerto, se forma un crecimiento irregular o una malformación llamada “pata de elefante”. Esta malformación no está presente en los clones más vigorosos (Compagnon, 1998).

El tronco va tomando una forma cilíndrica, simultáneamente, mientras aparecen las distintas coronas. Todo esto, está sincronizado entre el funcionamiento del cambium, y las células del meristemo apical (Compagnon, 1998).

Una característica del Hevea joven no injertado es la formación de semilla. La primera floración aparece entre la novena y décima corona. El árbol tiene dos años de edad y cerca de dos metros de altura. En las plantas injertadas del Hevea, por lo regular, las ramificaciones no se dejan desarrollar, sino más arriba de los 2 metros de altura, para tener un buen área para la pica (Compagnon, 1998).

Las ramificaciones se desarrollan entre las coronas foliares, una de las características necesarias, para seleccionar el clon, es una arquitectura equilibrada, o sea con un buen crecimiento promedio por año del eje principal y con ramificaciones secundarias livianas, cortas y homogéneas (Compagnon, 1998).

1.5 Requerimientos físicos

1.5.1 Latitud

El rango latitudinal para el desarrollo del hule Hevea está comprendido entre +10°N y -10°S. El rango latitudinal de

Guatemala se sitúa entre +13° y +18°N. Sin embargo el país constituye una zona de escape como lo es la defoliación y refoliación, que en conjunto con todas las demás características ecológicas y edáficas han permitido al Hevea las condiciones propicias para su adaptabilidad (Gremial de huleros de Guatemala, 2000).

1.5.2 Altitud

Para la costa del Pacífico el rango de altitud en el que el hule Hevea se desarrolla normalmente es entre los 180 y 760 metros sobre el nivel del mar y para la costa del Atlántico el rango va desde los 0 a los 600 metros sobre el nivel del mar (Compagnon, 1998).

En la franja de la costa sur por debajo de los 180 metros sobre el nivel del mar la precipitación pluvial es baja lo que representa condiciones adversas para el desarrollo y la producción del cultivo. Altitudes por sobre los 760 metros presentan condiciones de elevada humedad relativa y menor luminosidad lo que implica mayores problemas con la incidencia de las enfermedades, principalmente del follaje y del panel de pica (Compagnon, 1998).

1.5.3 Ecología

Los requerimientos ecológicos necesarios para el cultivo del hule son:

- Precipitación pluvial, 2,000 a 4,000 mm anuales durante los meses de mayo hasta octubre.
- Tierras ubicadas sobre los 200 a 600 metros sobre el nivel del mar (Compagnon, 1998).

1.5.4 Topografía

Los terrenos deben ser planos o ligeramente inclinados, ya que favorecen todas las labores de cultivo y explotación, donde no se tengan estas características, son aceptables para áreas con pendientes no mayores al 25% (Compagnon, 1998).

1.5.5 Suelos

Este cultivo se desarrolla con vigor en suelos profundos de buen drenaje. La textura del suelo debe estar entre los rangos franco y franco arcillosa con pH entre 4.5 y 5.5.

Delarrabe y Benigno (1994) indican que deben evitar los siguientes suelos:

- Con más del 40% de inclinación.
- Con mucha arena.
- Rocosos o compactos.
- Fácilmente inundables.
- Con sub-suelos duros y superficiales.

1.6 Clones

En Guatemala, los clones comerciales se clasifican en clones orientales y clones resistentes. Los clones orientales provienen esencialmente de la especie (*H. Brasiliensis*), los que generalmente tienen alto rendimiento en hule seco, pero son más susceptibles a enfermedades y plagas. Los clones resistentes son resultado de los cruces de las especies (*H. Brasiliensis*) y (*H. Benthamiana*) (Gremial de Huleros de Guatemala, 1999).

Para la costa del Pacífico de Guatemala, se recomienda el establecimiento de clones orientales, excepto en regiones que integran microclimas como en hondonadas y riberas de ríos, donde se sugiere el establecimiento de clones resistentes (Gremial de Huleros de Guatemala, 1999).

El clon que se encuentra mayormente cultivado en la costa del Pacífico es el RRIM-600, seguida por el clon GT-1. Otros clones que cuentan con sus primeros resultados de producción en Guatemala, son el PB217, PB255, PB235, PB260, PB280, PR255, RRIM712, RRIM901 y RRIC100 (Gremial de Huleros de Guatemala, 1999).

Para la zona norte y costa del Caribe por las condiciones de distribución de lluvias y humedad ambiental favorables al desarrollo de enfermedades y plagas, se recomienda el establecimiento de clones resistentes, tales como el IAN710, IAN873, FX2864, FX4098 y algunos clones GU (Gremial de Huleros de Guatemala, 1999).

1.7 Almácigos de Hevea

La propagación de plantas en una fase en el cultivo de hule de mucha importancia. Las técnicas utilizadas en Guatemala han sido desarrolladas en los países del oriente, como Indonesia, Malasia, Sri Lanka etc. A partir de finales del siglo XIX y adaptadas al país por técnicos y agricultores para lograr los mejores resultados bajo dichas condiciones.

En los primeros 35 años del cultivo del Hevea en el oriente, las plantaciones se iniciaron empleando plantas de semilla, porque se desconocía la técnica de injertación en el cultivo. Al observar que dentro de una plantación de este tipo era tan heterogénea la producción, se

comenzó a seleccionar las mejores plantas para propagarlas por semilla (Gremial de Huleros de Guatemala, 2000).

Las primeras selecciones fueron hechas por Cramer en 1883 pero los resultados obtenidos fueron igualmente heterogéneos. Poco tiempo después se reprodujo el Hevea por injertación, mejorando notablemente la homogeneidad en las características de la plantación.

Desde que se descubrió que las plantaciones provenientes de una reproducción asexual o por injertación eran uniformes en la mayoría de sus características, la propagación del hule injertado se ha vuelto obligatoria. Al igual que en otros cultivos, el mejoramiento genético para la propagación de plantas ha venido evolucionando. Actualmente se cuenta en Guatemala con dos técnicas para elaborar almácigos. El sistema tradicional al suelo (producción de tocones) y la reproducción de plantas en bolsa (Gremial de Huleros de Guatemala, 2000).

1.8 Producción de tocones injertados al suelo (injerto de corteza café)

1.8.1 Ventajas

- Se obtienen patrones más vigorosos para la injertación
- La técnica es más fácil de realizar, en especial la injertación
- Se requiere de menor cantidad de material vegetativo (vareta)
- Al momento del trasplante a campo definitivo se puede observar el sistema radicular de las plantas como criterio de selección (Inifap, 2015).

1.8.2 Desventajas

- El sistema requiere de 10 meses como mínimo para contar con plantas aptas para ser injertadas, lo cual eleva los costos de producción.
- El porcentaje de mortandad en el campo definitivo es bastante alto (30 – 50%) (Inifap, 2015).

1.9 Producción de plantas en bolsa. Este método tiene tres variantes.

1.9.1 Producción de plantas a partir de siembras en bolsa de tocones previamente injertados en el suelo (injerto en corteza café al suelo)

Ventajas

- Se llevan al campo definitivo injertos más vigorosos
- El manejo del sistema es más práctico y sencillo (Inifap, 2015).

Desventajas

- Mayores costos de producción en función del tiempo
- Existe un desequilibrio entre el desarrollo del follaje y el sistema radicular de las plantas, que provoca problemas durante el transporte y la siembra
- Se pierden muchos injertos al momento del transplante de suelo a bolsa a causa del stress que se provoca
- Se debe de tener cuidado, al llevar a campo tocones de similar grosor para lograr una brotación uniforme y homogeneidad en el almacigo (Inifap, 2015).

1.9.2 Producción de plantas injertadas a partir de la siembra directa del patrón a bolsa en corteza café

Ventajas

- Se llevan al campo definitivo injertos más vigorosos
- El manejo de la técnica es más práctico y sencillo
- Mejor porcentaje de brotación en los injertos (Inifap, 2015).

Desventajas

- Algunos injertos no brotan, lo que disminuye el porcentaje de plantas para llevar al campo y provoca desperdicio de bolsas.
- Mayores costos de producción en función del tiempo
- Existe un desequilibrio entre el desarrollo del follaje y el sistema radicular de las plantas, que provoca problemas durante el transporte y la siembra (Inifap, 2015).

1.9.3 Producción de plantas injertadas a partir de la siembra directa del patrón a bolsa en corteza verde

Ventajas

- Solamente se requiere de un año para llevar las plantas a campo definitivo
- Menores costos de producción en función del tiempo
- Producción de plantas vigorosas de 2 a 3 pisos foliares (coronas)

- Existe un mejor equilibrio entre el desarrollo del follaje y el sistema radicular de las plantas lo que evita problemas de manejo y resentimiento en las plantas (Inifap, 2015).

Desventajas

- La técnica requiere de personal calificado, en especial de injertadores
- Bajo rendimiento de material vegetativo (menor cantidad de yemas por metro) a causa de la edad del mismo (vareta) que se debe utilizar
- Poco vigor de los brotes si la edad del material vegetativo (vareta) no corresponde con la edad fisiológica del patrón
- Desembolso más frecuente en función de los costos (Inifap, 2015).

1.10 Viveros del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*)

En esta fase se realiza la selección adecuada del terreno, el cual debe ser profundo, de fácil acceso y con disponibilidad de una fuente de agua cercana. Es importante manejar una densidad de siembra en viveros no menor de 70,000 plantas por hectárea (Gremial de Huleros de Guatemala, 2000).

1.11 Almacigos en bolsa

Las labores de preparación del terreno para un almacigo en bolsa y los sustratos deben de permitir la penetración sin problemas para el desarrollo de un sistema radicular. Se requiere de un control de

malezas y la hechura de una zanja para colocar las bolsas (Gremial de Huleros de Guatemala, 2000).

El zanjado se debe hacer de 30 centímetros de ancho por 20 de profundidad y de largo según las dimensiones del terreno, de preferencia los surcos deben de orientarse de este a oeste para que cuando las plantas tengan más de tres coronas (pisos foliares) no se generan sombras unos con otros y no exista competencia entre las mismas (Gremial de Huleros de Guatemala, 2000).

Se recomienda la implementación de surcos dobles con las bolsas para aprovechar al máximo el terreno y reducir con ello los costos en función de mantenimiento del almacigo. Se debe dejar entre los surcos dobles una calle de 0.75 metros que permita una densidad aproximada de 45,000 a 50,000 plantas por hectáreas. La orientación de los surcos debe realizarse en dirección este-oeste para aprovechar al máximo las horas de radiación solar (Gremial de Huleros de Guatemala, 2000).

1.12 Manejo de Planta Injertadas del cultivo de caucho

Podas de brotación: Consiste en eliminar los brotes que emita el patrón antes y después de la brotación del injerto. Si no se eliminan los brotes del patrón, la yema del injerto difícilmente brotará. Esta práctica se recomienda al menos una vez por semana hasta obtener la brotación total. Una vez desarrollado el brote clonal, deben eliminarse los brotes laterales que emita para favorecer la dominancia apical (Inifap, 2015).

Conteo y selección de plantas: Cuando las plantas injertadas alcanzan el desarrollo deseado (dos ciclos foliares) (Figura 1), se

realiza un conteo. Las plantas seleccionadas que se destinan para su siembra en la plantación definitiva, deberán de estar sanas, vigorosas y con el último ciclo foliar maduro.



Figura 1. Planta injertada de hule en bolsa de polietileno con dos ciclos foliares

Fuente: Inifap, (2015)

Extracción y carga de planta. Cuando la planta injertada alcanza las características deseadas, se extrae de las hileras con mucho cuidado, evitando dañar las plantas que permanecerán mayor tiempo (brote tierno, no brotadas, etc.). Conforme se extrae la planta del vivero, deberá cargarse en los camiones que los llevarán al lugar de siembra definitiva.

Eliminación de planta y bolsa. Una vez concluida la extracción de la planta útil, se eliminan las plantas de desecho (injerto no prendido, defectuosas, etc.) y las bolsas vacías. (Inifap, 2015).

1.13 Fertilización en almácigos

Se considera que el sistema radicular de las plantas de hule comienza a ser funcional a partir de la maduración del primer piso foliar o corona, momento en el que se recomienda iniciar con un

programa de fertilización, el cual debe basarse en un análisis químico del suelo (Inifap, (2015).

1.13.1 Almacigos de patrones al suelo

En la mayoría de casos de almacigos, son establecidos en terrenos que ya han sido cultivados por lo que su contenido de nutrientes es bajo y se hace necesaria la aplicación de fertilizantes, tanto al suelo como al follaje. Según experiencias de campo un plan de fertilización adecuado se presenta en el cuadro siguiente (Inifap, (2015).

Cuadro 1. Programa de fertilización para almacigo de patrones al suelo

ELEMENTO	FUENTE	DOSIS	FORMA DE APLICACIÓN	EPOCA DE APLICACIÓN
Nitrogeno	Urea(46-0-0)	12 g/planta	Al suelo	30,60,90,120, 150 ddt
Fosforo	(10-50-0)	10 g/planta	Incorporado al suelo	30, 90 y 120 ddt
Potasio	(15-15-15)	10 g/planta	Incorporado al suelo	30, 90 y 120 ddt
Micro-elementos	Complezal (9-7-7)Trecel (20-20-20)	100 cc/20L 4 Lb/54 Gal	Aspersiones	a cada 21 días a cada 11 días

Fuente: Inifap, (2015)

Notas: ddt: días después del trasplante

1.13.2 Almacigos de tocones brotados en bolsa

Un programa que puede servir como ejemplo se presenta en el cuadro siguiente

Cuadro 2. Programa de fertilización para almácigos de tocones brotados en bolsa

ELEMENTO	FUENTE	DOSIS	FORMA DE APLICACIÓN	EPOCA DE APLICACIÓN
N	Urea(46-0-0)	8 g/planta	Incorporado al suelo	60 dds
N-P-K	(15-15-15)	10 g/planta	Incorporado al suelo	90 dds
N	Urea(46-0-0)	10 g/planta	Incorporado al suelo	120 dds
N-P-K	(15-15-15)	10 g/planta	Incorporado al suelo	150 dds
Micro-elementos			Aspersiones	a cada 21 días

Fuente: Inifap, (2015)

Notas: dds: días después de la siembra

Los tocones que alcanzan un desarrollo apropiado uno o dos meses antes de la siembra a campo definitivo (más de 3 pisos foliares o coronas), no vale la pena que se fertilicen (salvo casos especiales) debido a que puede crearse una desproporción entre el desarrollo de su sistema radicular y el de su sistema foliar, lo que genera problemas de manejo en el trasplante y la siembra (Inifap, 2015).

1.13.3 Almácigos de patrón sembrados directamente a bolsa (Injerto en corteza verde y café)

El sistema de almacigo de patrón sembrado directamente a bolsa para injerto en corteza verde requiere de un periodo de crecimiento vegetativo (5 a 6 meses) para que los patrones alcancen un diámetro de injertación (15 mm), a diferencia de almacigo al suelo o en bolsa para injerto en corteza en café, el cual requiere de un periodo de 10 meses (Inifap, 2015).

Para lograr un máximo desarrollo en grosor de tallo en el menor tiempo posible, las aplicaciones de fertilizantes deben ser constantes, combinando las foliares y al suelo con el uso de reguladores de crecimiento. Un buen programa de fertilización para este sistema de almácigo depende tanto de los requerimientos de nutrientes de las plantas, como de la disponibilidad de estos en el suelo. En el cuadro siguiente se incluye un ejemplo (Inifap, 2015).

Cuadro 3. Programa de fertilización para almácigos de patrón sembrado en bolsa

ELEMENTO	FUENTE	DOSIS	FORMA DE APLICACIÓN	EPOCA DE APLICACIÓN
N	Urea (diluida) 10 lb/200 L	50 cc solución/planta=1.13 g/planta	Regado a la bolsa	35 ddt
P	10-50-00	3 g/planta	En 2 postura en la bolsa	55 ddt
N-P-K	15-15-15 20Lb/200 L	50 cc solución/planta=2.25 g/planta	Regado a la bolsa	100 ddt
N	Urea (diluida) 10 lb/200 L	50 cc solución/planta=1.13 g/planta	Regado a la bolsa	100 ddt ó N-P-K

Fuente: Inifap, (2015)

Notas: ddt: días después del trasplante

Las aplicaciones de fertilizantes foliares son importantes para el aporte de microelementos a las plantas, ya que de esta forma los nutrientes son absorbidos más rápido, así como para corregir algunas deficiencias de estos: por lo que se recomienda realizar a cada 3 semanas entre cada aplicación de fertilizantes al suelo y en forma conjunta con la aplicación de fungicidas al follaje. Las fuentes y dosis que se pueden utilizar se describen en el cuadro siguiente (Inifap, 2015).

Cuadro 4. Programa de fertilización foliar para almacigo

ELEMENTO	FUENTE	DOSIS
N-P-K	Complezal Fluid (9-7-7)	10cc/planta
N-P-K	Bayfolan Forte (11-8-6)	7.5cc/planta
Microelementos	Fertrilon Combi	5g/planta
N-P	Trecel (20-20-00)	147g/planta

Fuente: Inifap, (2015)

Para el sistema de patrones injertados en bolsa con corteza café, la fertilización se debe suspender cuando se alcance el grosor necesario para injertar y se persigue con el programa después de despatronado de manera similar al que se menciona en el apartado de almacigo de patrón sembrados directamente a bolas (OMONT, H. 1996).

Insumos y jornales utilizados en la producción de almácigos de hule.

Cuadro 5. Insumos y jornales utilizados para la producción 12000 plantas de almacigo

Descripción de Cuentas	Real 14_15	Total de bolsas	Costo Unitario
Alquileres y Arrendamientos	Q 3789.81	12000	Q 0.32
Productos Químicos	Q 2929.74	12000	Q 0.24
Materiales de Operación	Q 1789.63	12000	Q 0.15
Pago a contratistas	Q 40230.50	12000	Q 3.35
Subtotal Servicios y Otros	Q 48739.68	12000	Q 4.06
Total Almacigo	Q 48739.68	12000	Q 4.06

Fuente: Departamento de Planificación y Control, (2015)

1.14 Requerimientos nutriciones del Hevea

Los requerimientos en elementos minerales del hevea y su importancia para el desarrollo, producción y comportamiento se basan en un gran número de ensayos de fertilizantes los cuales se han realizado en todas las zonas caucheras sobre árbol jóvenes y sobre plantaciones en aprovechamiento, lo que ha permitido evidenciar los resultados siguientes: En ciertos casos, la fertilización tiene efectos positivos muy marcados (OMONT, H. 1996).

La ausencia de aportaciones de elementos fertilizantes puede implicar pérdidas de ganancias del 33% mientras que estas aplicaciones sólo intervienen en un 4% del costo de producción del hule (OMONT, H. 1996).

En casos contrarios, el fertilizante no tiene efectos visibles a corto o medio plazo y por lo tanto no es forzosamente rentable si se toman en cuenta los precios de los fertilizantes, los costos de aplicación así como el desfase entre los gastos correspondientes y las posibles ganancias (OMONT, H. 1996).

Por último, se pudo observar algunas veces que aportaciones inconsideradas de ciertos elementos provocan una disminución de la producción creando o acentuándose equilibrios entre los elementos minerales. Por esta razón, los ensayos de fertilización, los cuales siempre se recomiendan sobre largos períodos, tienen que interpretarse actualizando los datos económicos para evaluar con todo rigor la rentabilidad de los diferentes tratamientos (OMONT, H. 1996).

No obstante, aunque exista un gran número de publicaciones sobre experimentos de fertilización del hevea, son pocos los que han sido

interpretados sobre el largo plazo, y su balance no ha sido establecido con datos actualizados (OMONT, H. 1996).

1.15 Elementos a tomar en cuenta para un programa de fertilización

Para poder realizar aplicaciones adecuadas, es indispensable establecer un “diagnóstico” cuyos elementos básicos son los siguientes: Conocimiento de los suelos, de sus características pedológicas y de su historia (cultivos precedentes, fertilizaciones anteriores) (OMONT, H. 1996).

1.16 Las respuestas a las aplicaciones no son idénticas según los elementos aportados

Para ciertos elementos, se observan frecuentemente respuestas positivas cuya intensidad varía según el tipo de suelo, el cultivo anterior y la planta cobertora; es el caso en particular para N, P, K y Mg. Para los demás, los efectos positivos son aleatorios y se observan solamente en situaciones muy específicas de deficiencia marcada o de carencia (OMONT, H. 1996).

1.17 Las respuestas a las aportaciones varían según la edad de los árboles

En heveas jóvenes, viveros o cultivos pre productivos, se observan en general respuestas positivas, la mayoría de las veces para el nitrógeno y el fósforo, menos frecuentemente para el potasio y el magnesio. Cuando los árboles son adultos, las respuestas positivas son menos sistemáticas (OMONT, H. 1996).

1.18 Una fertilización eficiente supone una elección adecuada de las modalidades de aplicación

- Elección de los tipos de fertilizantes;
- Localización de las aplicaciones (colocación del fertilizante con relación al árbol);
- Dosis y frecuencia de aplicación;
- Fechas de las aportaciones;
- Edad de los árboles (OMONT, H. 1996).

1.19 Exigencias nutricionales y síntomas de las deficiencias de estos

El hule a pesar de ser una planta que se adapta a suelos relativamente pobres, responde bien a la aplicación de fertilizantes. Es posible que esta planta consiga suplir sus necesidades nutricionales en estos suelos por poseer un sistema radicular muy desarrollado (OMONT, H. 1996).

1.19.1 Nitrógeno

Es el nutriente más importante, puesto que representa del 3 al 4% de la materia seca. Es requerido en cantidades relativamente grandes debido a que es un elemento esencial para el crecimiento de la planta y forma parte de toda la proteína y la clorofila de la planta de caucho (Valois et al, 1980).

Los niveles de N en hojas de caucho se sitúan entre 3.20 y 3.70% en base a materia seca. Grandes cantidades de N producen un exagerado desarrollo de la copa de la planta de caucho facilitando su ruptura por la acción de los vientos (Geus, 1967).

No se ha obtenido un incremento significativo en la producción de caucho mediante aplicación aislada de N, sin embargo, al aplicar N asociado a K, observaron un incremento significativo en la circunferencia del tallo de los árboles. (Rosenquist, 1960).

El N es el elemento requerido en mayor cantidad por la planta de caucho, con amplia participación del área foliar para fotosíntesis y en el volumen estructural del árbol. Además, está presente en el látex en asociación con otros elementos. La deficiencia de nitrógeno (N) reduce el crecimiento y por lo tanto se produce una planta muy raquílica (Rosenquist, 1960).

La primera indicación de la eficiencia de N es el color verde pálido en las hojas, que más tarde se tornan amarillentas. En plantas jóvenes no ramificadas, los síntomas aparecen primero en las hojas maduras de la base y solamente en condiciones de severa deficiencia en las hojas superiores (Rosenquist, 1960).

En plantas adultas ramificadas, la deficiencia de N produce una acentuada reducción del crecimiento, particularmente por la reducción en el tamaño de copa. En este caso los síntomas son más pronunciados en hojas expuestas a la luz que en aquellas hojas de las ramificaciones que están a la sombra. (Valois et al, 1980).

1.19.2 Fósforo

Dentro de la planta, el P desempeña un papel importante en las reacciones bioquímicas del metabolismo de los carbohidratos, división celular y desarrollo de los tejidos meristemáticos. Además forma parte de los ácidos nucleicos.

Los niveles de P en hojas de caucho se sitúan entre 0.19 % y 0.27% en base a materia seca (Valois et al, 1980).

El P es el macronutriente absorbido en menor cantidad, con valores próximos a los de azufre (S), el P desempeña un papel importante en el metabolismo de la planta de caucho, a pesar de ser requerido en pequeñas cantidades. Casi siempre presenta respuesta debido principalmente a la pobreza de este elemento en suelos tropicales (Valois et al, 1980).

En caucho joven, la deficiencia de fósforo (P) reduce el número de hojas y el desarrollo de la planta. En caucho adulto, la deficiencia no solamente reduce el crecimiento sino que además baja la producción. El síntoma principal aparece como un bronceamiento que circunda la hoja. Este bronceamiento frecuentemente se acentúa de las extremidades hacia la parte media de la hoja (Valois et al, 1980).

En plantas jóvenes no ramificadas, los síntomas de deficiencia se deben detectar a través del análisis foliar. Cabe aclararse que el bronceamiento de las hojas senescentes de las ramificaciones inferiores de árboles sanos no se debe confundir o interpretar como una deficiencia de P (Valois et al, 1980).

1.19.3 Potasio

El K desempeña un papel importante en los procesos fisiológicos como en la síntesis de proteínas, aminoácidos, en la fotosíntesis y en la transformación de carbohidratos (Valois et al, 1980).

Los niveles de K en hojas de caucho se sitúan entre 1.00 % y 1.50% en base a materia seca. El K juega un papel importante en el metabolismo del caucho, pero la aplicación aislada no se traduce en incrementos notables en producción, sin embargo, la aplicación conjunta con otros elementos, principalmente N hace que las respuestas en rendimiento sean apreciables (Valois et al, 1980).

El síntoma típico de la deficiencia de potasio (K) es un amarillamiento que se inicia en la extremidad de la hoja. En plantas jóvenes no ramificadas, los síntomas generalmente aparecen en hojas maduras de la base de la ramificación principal y solamente en casos de severas deficiencias en la parte media. En plantas adultas, ramificadas, los síntomas aparecen en hojas expuestas a la luz (Valois et al, 1980).

1.19.4 Calcio

A pesar de que el calcio (Ca) es uno de los nutrientes extraídos en mayor cantidad por el caucho, este cultivo está implementado en suelos tropicales en los cuales es casi seguro un bajo suplemento de Ca y Mg por lo tanto para obtener altos rendimientos se recomienda aplicar en estos suelos cierta cantidad de cal dolomítica (Valois et al, 1980).

1.19.5 Magnesio

El Mg se constituye importante de la molécula de clorofila. La deficiencia de Mg restringe el desarrollo de la planta debido a escasez de clorofila, que a su vez reduce la fotosíntesis. El síntoma principal de la deficiencia de magnesio (Mg) se presenta

como una clorosis (amarillamiento) entre las nervaduras de la hoja (Valois et al, 1980).

En plantas jóvenes, los síntomas usualmente se observan en hojas de base (maduras) de la ramificación principal. En plantas adultas, los síntomas se observan en hojas expuestas totalmente a la luz (Valois et al, 1980).

1.19.6 Zinc

La característica principal de la deficiencia de zinc (Zn), es la falta de crecimiento de los entrenudos, haciendo que las hojas de varios entrenudos queden próximas unas de otras y en la misma planta, a manera de una roseta, se reduce el largo de las hojas en relación al ancho, quedando frecuentemente la lámina de la hoja retorcida (Valois et al, 1980).

Se puede observar además un amarillamiento entre las nervaduras de la hoja con excepción de la nervadura principal. Las yemas detienen su crecimiento y luego forman rosetas de hojas deformadas con clorosis en las puntas. Las plantas presentan ramas con entrenudos muy cortos, no hay desarrollo y en casos graves las plantas mueren (Valois et al, 1980).

1.19.7 Cobre

El síntoma inicial de la deficiencia de cobre (Cu) es un secamiento y deformación de la extremidad superior del margen de la hoja, el cual se extiende por la lámina de la misma (Valois et al, 1980).

Con la intensidad de la deficiencia ocurre defoliación. Posteriormente, el punto de crecimiento apical muere y los nuevos brotes se desarrollan de los meristemos axilares, dando lugar a ramificaciones múltiples que pueden tener numerosos peciolo arrugados y muertos (Valois et al, 1980).

1.19.8 Boro

Plantas deficientes en boro (B) presentan hojas retorcidas, pequeñas y algunas veces quebradizas. La deformación de la hoja no sigue ningún modelo definido y no hay pérdida de color. Ocasionalmente las nervaduras aparecen más largas de lo normal. En plantas jóvenes no ramificadas, los primeros síntomas se observan en la parte superior de las mismas (Valois et al, 1980).

1.20 Vinaza de melaza

La vinaza es un residuo industrial del proceso de la destilación de alcohol, por lo que el volumen generado es elevado, ya que por cada litro de alcohol obtenido se produce en promedio 13 litros de vinaza. Debido a su alto contenido de materia orgánica, este residuo presenta una elevada Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la que lo convierte en un agente muy contaminante del medio ambiente (Talibudeen, 1981).

Sin embargo, se posibilita su empleo debido a su alta concentración de potasio, nutrimento esencial y requerido por el cultivo de caña (*S. Officinarum*) (Talibudeen, 1981).

1.20.1 Modo de acción de la vinaza en el suelo

El uso de la vinaza se fundamenta en los conceptos siguientes.

Doble capa difusa. Las cargas se encuentran distribuidas uniformemente sobre la superficie y en los bordes rotos de las laminillas. Estas cargas son neutralizadas por iones de carga contraria presentes en la solución del suelo que las rodea, los cuales son atraídos electrostáticamente hacia la superficie cargada negativamente en cuya proximidad se concentra y a medida que aumenta la distancia a la superficie tienden a estar menos concentradas (Talibudeen, 1981).

El resultado neto de la distribución de cargas es la formación de una doble capa de iones conocida como la Doble Capa Difusa (DCD) compuestas por las cargas de la partícula de arcillosa, de algunos materiales complementarios como óxidos e hidróxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al), materia orgánica y por los iones de carga opuestas que las neutralizan (Bohn et al., 1979).

2 Marco Referencial

2.1 Localización

La finca Tululá S.A., se encuentra localizada en el municipio de San Andrés Villa Seca, departamento de Retalhuleu.

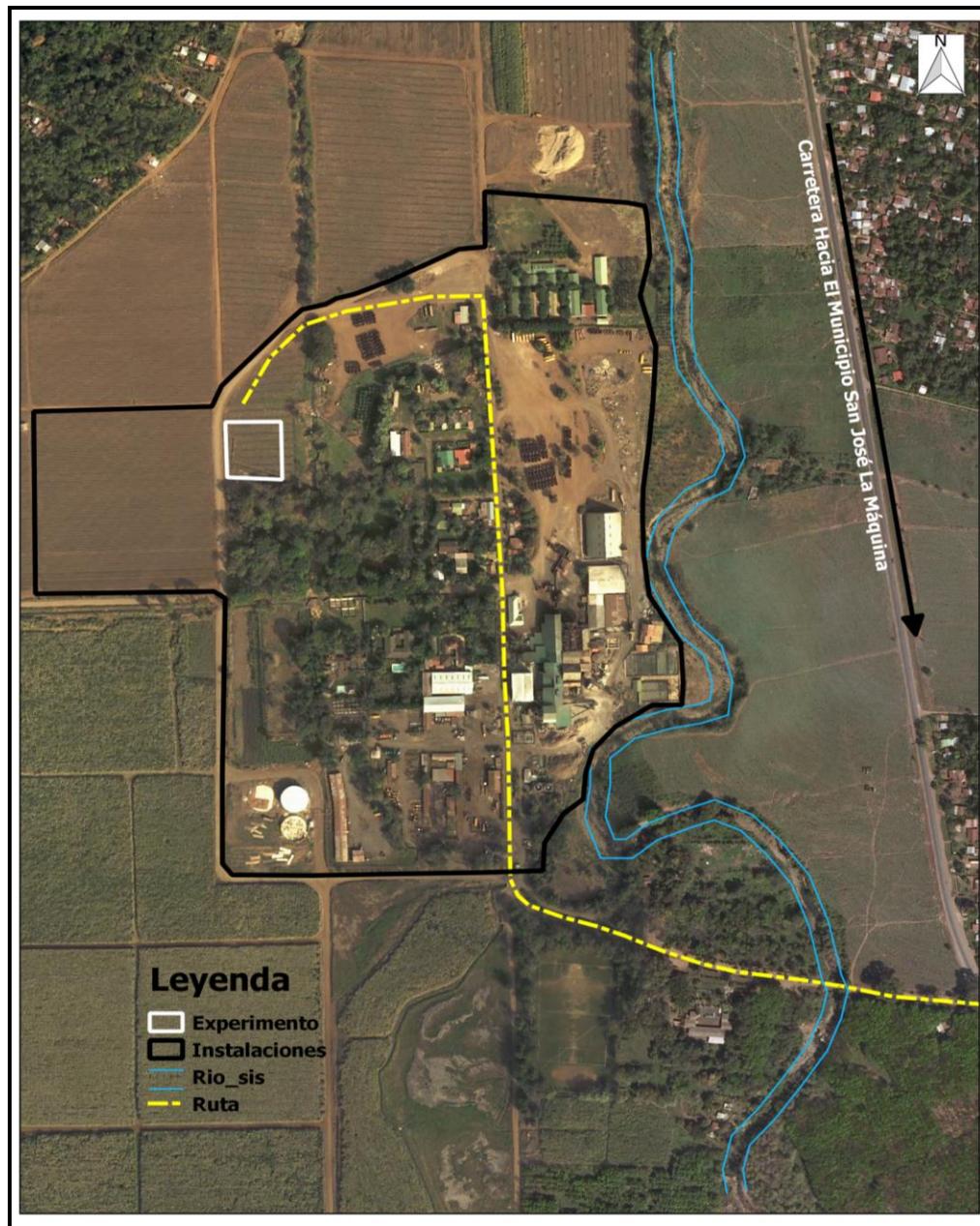


Figura 2. Localización del experimento en el área de almacigo de finca Tululá

Fuente: Diseño Agrícola, Ingenio Tululá, (2015)

2.2 Ubicación geográfica

Geográficamente el Ingenio Tululá S.A. se ubica en las coordenadas 14°30'16'' latitud norte y 90°35'03'' longitud oeste, a 4.5 Kilómetros de Cuyotenango en la carretera que conduce al municipio San José La Máquina, en el municipio de San Andrés Villa Seca, departamento de Retalhuleu. Mapa de la unidad productiva y área de estudio almacigo en la figura 2 a una altura que varía entre 100 y 275 msnm.

2.3 Descripción ecológica

2.3.1 Zona de vida

Según Cruz (1982), la finca Tululá se ubica dentro de la zona de vida del bosque muy Húmedo Sub-Tropical cálido (Bmh-S(c)).

2.3.2 Clima

En el Ingenio Tululá predomina un clima cálido con una temperatura media de 28°C, registrándose una mínima promedio de 22.3°C y una máxima promedio de 33°C. El departamento de planificación y control del Ingenio Tululá, por medio de una estación meteorológica reporta una humedad relativa del 85% y una intensidad lumínica de 9 horas luz/día (Planificación y Control, Ingenio Tululá, 2015).

2.3.3 Suelo

Según Simons, Tárano, y Pinto (1959), los suelos de la sección hulera del Ingenio Tululá, pertenecen a la serie Cuyotenango con una profundidad de suelo superficial oscila entre 0.60 a 0.90 m, el material madre es ceniza volcánica.

Relieve muy suave inclinado a ondulado, bien drenados, de textura franco-arcilloso. Estos suelos pertenecen a la clase agrológica III. Estos suelos tienen capacidad para cultivos como: frutales, pastos, caña de azúcar, hule, maíz, sorgo, soya.

Según el estudio realizado por CENGICAÑA (1996), el suelo de la finca Tululá presenta las siguientes características químicas:

- pH del suelo varia de 5.1 a 6.8
- El 14% de los suelos presentan bajos contenidos de M.O.
- El 93% de los suelos presentan bajos contenidos de P.
- El 33% bajo contenido de K.
- El 0.41 bajo contenido de calcio.
- El 1.23% bajo contenido de magnesio.
- El 98% bajo contenido de cobre.
- El 31% bajo contenido de hierro.
- El 20% bajo contenido de manganeso.
- El 95% bajo contenido de zinc.

De acuerdo a la clasificación taxonómica del SIG-MAGA (2004), los suelos de las fincas del Ingenio Tululá S.A. pertenecen al orden Vertisoles.

2.3.4 Relieve

En general el relieve es plano, con una pendiente que va de 2 a 3%, con orientación N-Sur. En zonas cercanas a zanjones, es ondulada o suavemente inclinada (Ortega, 1991).

2.3.5 Hidrología

Según el departamento de planificación y control (PyC, 2015) del Ingenio Tulumá 2015, el promedio anual de precipitación es de 2,088 mm. Para regar se obtiene agua de los ríos Samalá, Sis, y Oc.

2.3.6 Vientos

Ortega (1991) reporta que la dirección predominante de los vientos es de este – oeste con una velocidad promedio de 10 km/hora.

2.4 Material vegetativo utilizado

Se utilizó como injerto el clon RRIM-600 y como porta injerto el clon GV-17. Los que presentan las siguientes características.

2.4.1 Clon RRIM-600

El material vegetativo para injertar se utilizó el clon RRIM-600 (Rubber research institute of Malaysia line 600) originario de Malasia.

Este clon se propaga a gran escala en Guatemala, como consecuencia de reportes que lo sitúan como súper productor de Malasia. En Guatemala los registros del museo clonal lo reportaron produciendo 2300kg/ha/año en el octavo año de explotación por lo que se continua propagando en almácigos para plantaciones comerciales (Gremial de Huleros de Guatemala, 2000).

2.4.2 Clon GV-17

Como material vegetativo porta injerto se utilizó el clon GV-17, este clon es vigoroso crece bien en todos los tipos de suelo y presenta resistencia a enfermedades de origen edáfico (Gremial de Huleros de Guatemala, 2000).

2.5 Estudios realizados sobre la aplicación de vinaza

2.5.1 Efecto de la vinaza en la producción de caña de azúcar

Los efectos de la aplicación de vinaza se traducen en aumentos de la producción de biomasa de caña.

Según Korndörfer (1990 y 1994), en forma paralela con este aumento de biomasa, en aplicaciones mayores a 300 kg/ha de K_2O ocurre una reducción de la concentración de azúcar. Estos efectos en la productividad es posible observarlos aun después del cuarto corte (Núñez, 1987).

Disminuyendo así la calidad de materia prima (sacarosa). Igualmente, la maduración se retarda en función de las dosis aplicadas de vinaza. Debido a que la vinaza contiene nitrógeno y materia orgánica es inevitable un alargamiento del período vegetativo de la caña, lo que afecta negativamente la calidad industrial (Núñez, 1987).

La aplicación de vinaza por un período de hasta veinte días después del corte resulta en una adecuada germinación de la caña soca y, como consecuencia, incide en el número de

plantas por área y aumenta la longevidad del cultivo (Núñez, 1987).

Las aplicaciones de vinaza comprendidas entre los 100 m³/ha y 400 m³/ha (780 kg de K a 3120 kg de K), equivalen a la aplicación de una lámina de agua, rica en nutrientes de 10 mm/ha a 40mm/ha en época seca (Korndörfer 1994).

La aplicación de vinaza en muchos casos puede sustituir la fertilización química. El potasio contenido en la vinaza, así como el aplicado en forma de fertilizante (KCl), normalmente altera en forma significativa el contenido de cenizas en el jugo, debido a la absorción del K por la caña de azúcar (Korndörfer 1994).

El elevado contenido de cenizas genera efectos negativos en la fabricación del azúcar. Su acción melasigénica dificulta la cristalización por la formación de núcleos falsos, reduce el rendimiento industrial de la azúcar y en consecuencia produce una mayor cantidad de miel (Korndorfer, 1994).

En general, los estudios muestran que en áreas con aplicación de vinaza existe una mejor respuesta a fertilización nitrogenada. En diferentes ingenios brasileros encontraron que la dosis ideal se encuentra entre 90 y 100 kg de N/ha con esta dosis, estos investigadores obtuvieron un aumento promedio igual o superior a 6 toneladas/ha en relación con el testigo. (Rodrigues, 1984)

En el cuadro que a continuación se presenta los resultados químicos que contiene la vinaza.

Cuadro 6. Análisis químico de la vinaza

ANALISIS	VINAZA	DIMENSIONALES
TEMPERATURA	29	°C
PH	4.2	Unidades de pH
DQO	0.0713	Kg O ₂ /L
DBO	38000	O ₂ /L
NITROGENO	0.12	Kg N/1000L
FOSFORO	0.16	Kg P/1000L
SULFATOS	0.0070	Kg SO ₄ /L
SULFITOS	0.000410	Kg SO ₃ /L
CLORUROS	0.00290	Kg Cl/L
OXIGENO DISUELTO	0.00000018	Kg O ₂ /L
POTASIO	6.5	Kg K/1000L
CALCIO	0.65	Kg Ca/1000L
MAGNESIO	1.1	Kg Mg/1000L

Fuente: Laboratorio de ambiente, destiladora de alcoholes y rones S.A. (2012)

IV. OBJETIVOS

1. General

- Evaluar el efecto de la vinaza como fertilizante en fase de almácigo de hule.

2. Específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de vinaza al almácigo del cultivo de hule en el crecimiento de la planta (altura, diámetro, biomasa radicular y biomasa foliar).
- Comparar el efecto de la aplicación de vinaza al almácigo de hule con el manejo tradicional y sin fertilizante.
- Determinar si existe variación entre las propiedades químicas (pH, P, K, Mg, Ca) del suelo después de la aplicación de vinaza.
- Analizar los costos de mano de obra en los tratamientos de aplicación de vinaza.

V. HIPOTESIS

1. Al menos una concentración de vinaza evaluada producirá mayor crecimiento en la altura, diámetro y biomasa de las plantas de hule en almacigo.
2. Al menos una frecuencia de aplicación de vinaza evaluada producirá mayor crecimiento en el diámetro, altura y biomasa de las plantas de hule en almacigo.
3. Al menos una interacción de frecuencia más concentración de vinaza producirá mayor crecimiento en la altura, diámetro y biomasa en el almacigo de caucho.

VI. MATERIALES Y METODOS

3 Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales para llevar a cabo el experimento

3.1 Herramienta y equipo

- **Azadón y pala:** para arrancar las bolsas de los tocones del almacigo sembrado en bolsa.
- **Machete y Tijeras podadoras:** para el corte de la altura del porta-injerto y eliminar raíces defectuosas.
- **Vernier:** Se utilizó para medir el diámetro de los brotes a una pulgada de la base del injerto o parche.
- **Metro (m):** Se utilizó para medir la altura de los brotes del injerto tomado pegado a la yema del injerto.
- **Fertilizantes (18-46-0):** Fertilizante químico utilizado en finca Tuluá.
- **Vinaza de melaza:** subproducto de la destilación de alcohol utilizado para fertilización aplicada como riego en áreas de sacrificio, siembra y renovación de caña.
- **Probeta:** se utilizó para medir el volumen de vinaza a aplicar en los almácigos sembrados en bolsa.

4 Metodología

4.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, factor A, concentraciones de vinaza y Factor B, frecuencia de aplicaciones. Contando con seis tratamientos, cada tratamiento con 4 repeticiones y cada unidad experimental con 14 plantas donde solo 10

plantas fueron evaluadas. El estudio empezó con el despatronado de las plantas sembradas en bolsa.

4.1.1 Modelo Estadístico Diseño completamente al azar con arreglo Bifactorial

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

Para $i = 1, \dots, a$, $j = 1, \dots, b$, $k = 1, \dots, n$ donde:

μ = es el efecto medio global.

α_i = es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor A concentración de vinaza.

β_j = el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del factor B frecuencia de aplicación.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i del factor A concentración de vinaza y el nivel j del factor B frecuencia de aplicación.

ϵ_{ijk} = el término de error

También para los tratamientos de vinaza se compararon con un testigo absoluto y un testigo relativo por lo que se empleó el siguiente modelo estadístico.

4.1.2 Modelo Estadístico Diseño completamente al azar

$$Y_{(ij)} = \mu + t_i + \epsilon_j(i)$$

Donde

Y = es la variable de respuesta de interés.

μ = promedio general de los tratamientos evaluados de vinaza y testigos.

t = es la variación que se atribuye a los niveles del factor que se está evaluando (efecto de los tratamientos).

ξ = es la variación de los factores no controlados (el error experimental)

i = i -ésimo tratamiento

j = j -ésima repetición de cada tratamientos

$j(i)$ = es la variación de las unidades experimentales en los tratamientos.

4.1.3 Unidad experimental

El experimento conto con un total de 448 plantas injertadas, dispuestas en doble surco las bolsas de los patrones (figura 3); repartidas en treinta y dos parcelas experimentales, cada parcela consistió con 14 injertos de almacigo sembrados en bolsa.

Las plantas utilizadas para la evaluación fueron seleccionadas con un grosor de 2.9 mm de diámetro del patrón con una edad de 8 meses como lo puede apreciar en la siguiente figura.

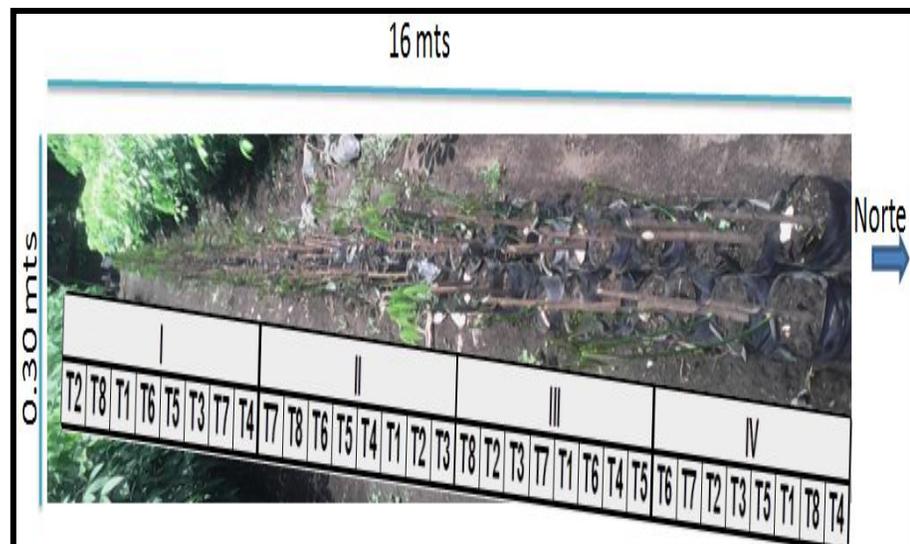


Figura 3. Dimensiones del área experimental y distribución de las repeticiones y tratamientos

Fuente: Autor, (2015)

4.1.4 Análisis de varianza para las variables experimentales

Para el diámetro, altura y biomasa (foliar y radicular) se aplicó un análisis de varianza ANDEVA en este caso obedece a un diseño completamente al azar bifactorial, por lo tanto se utilizaron las fórmulas que corresponden al diseño.

Se realizó un Diseño completamente al azar, para determinar las variables donde al experimento anterior se agregaran 2 tratamientos y cuatro repeticiones un testigo absoluto en la cual no se utilizó fertilizante y un testigo relativo utilizando el fertilizante comercial o común 18-46-00.

4.2 Manejo de la evaluación

4.2.1 Selección y preparación del terreno

Consistió en alinear con una pita el área y cavar 10 cm de profundidad en el suelo para colocar las plantas despatronadas del almácigo sembrada en bolsa (figura 4).



Figura 4. Preparación del terreno para las plantas injertadas en bolsa

Fuente: Autor, (2015)

Selección del almacigo sembrado en bolsa después de la práctica de injertación: se tomaron tocones injertados ≥ 2.5 cm de diámetro.

Despatronado: consistió en eliminar por medio de un corte, la parte aérea de la planta que sirvió para porta injerto, con el objeto de estimular la brotación de la yema del parche colocado mediante la injertación de lo que brota la nueva planta o injerto (figura 5).



Figura 5. Despatronado y colocación del almacigo de hule sembrado en bolsa
Fuente: Autor, (2015)

En la figura 5 se observa el despatronado realizado a 10 cm de la colocación del parche y la colocación del almacigo sembrado en bolsa.

4.2.2 Fertilización del experimento

En el cuadro siguiente se pueden observar cada uno de los tratamientos evaluados, tomando en cuenta el factor A; concentración de potasio utilizando como fuente fertilizante la

vinaza pura para melaza A1 (1.13 gramos por planta) y A2 (2.25 gramos por planta) y el Factor B; utilizamos tres diferentes frecuencias de aplicación B1 (8 días), B2 (12 días) y B3 (16 días).

Cuadro 7. Tratamientos, dosis de vinaza y frecuencia de aplicación

TRATAMIENTO	Dosis de K por planta proveniente de la vinaza	Frecuencia de aplicación	Experimento Bifactorial	Experimento Completo al Azar
	de melaza (Factor A)	(Factor B)		
T1	A1 (1.13 g/planta)	B1(8 días)		
T2	A1 (1.13 g/planta)	B2(12 días)		
T3	A1 (1.13 g/planta)	B3(16 días)		
T4	A2 (2.25 g/planta)	B1(8 días)		
T5	A2 (2.25 g/planta)	B2(12 días)		
T6	A2 (2.25 g/planta)	B3(16 días)		
T 7	1 Grs/ planta	12 días		
T 8	Sin Aplicación de fertilizante.	Testigo Absoluto		

Fuente: Autor, (2015)

4.2.3 Metodología para realizar el cálculo de las concentraciones de vinaza de malaza pura aplicadas

Las concentraciones de los elementos fertilizantes en la vinaza aplicadas a las plantas del almacigo de hule fueron determinadas por análisis químico que el laboratorio de ambiente del ingenio Tuluá (anexo) proporcionó.

Los cálculos fueron realizados con una regla de tres simple, igualando las unidades de medida en gramos por litros de agua de vinaza de malaza y así se obtuvo cuantos centímetros

cúbicos aplicar por planta en base a las dos concentraciones en estudio.

Por periodo de vacaciones en el laboratorio de ambiente dejó de laborar DARSA por lo que fue imposible seguir calculando las concentraciones por cada aplicación se hizo un promedio de 6 fechas de análisis donde dio como resultados las dosis aplicadas faltantes en las fechas y tratamientos mostrados en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Fechas de las aplicaciones de los tratamientos

Fecha de análisis	Fecha de aplicación	Tratamientos
28/05/2015	03/06/2015	1,2,3,4,5,6.
09/06/2015	11/06/2015	1,4.
11/06/2015	15/06/2015	2,5.
16/06/2015	19/06/2015	1,4,3,6.
25/06/2015	27/06/2015	1,4,2,5.
02/07/2015	05/07/2015	1,4,3,6.
Promedio para las siguientes aplicaciones		
	08/08/2015	1,2,3,4,5,6.
	16/08/2015	1,4.
	20/08/2015	2,5.
	24/08/2015	1,4,3,6.

Fuente: Autor, (2015)

El calendario de aplicación de vinaza de melaza, se muestra en el cuadro 8, por lo que en la siguiente figura se muestra la aplicación de la misma.



Figura 6. Aplicación de vinaza de melaza al almacigo en bolsa
Fuente: Autor, (2015)

4.2.4 Deshijes

Del patrón sembrado en bolsa, al ser despatronados las mismas plantas en el proceso acumulan hormonas (giberelinas) que la planta sintetiza para inducir a las yemas a brotar, por lo que es necesario ya que primero brotan las yemas dormidas del patrón que las del parche o injerto. Dicha práctica se realizó cada 7 días después del despatronado durante 6 semanas y luego dos veces por mes.

4.2.5 Riego

Se estableció una frecuencia de riego a cada 3 días debido que el experimento se desarrolló en periodos de la época seca. También que la textura del suelo fue (cachaza y M.O.). CENGICANÑA, determinó en el análisis de suelo una textura franco arenoso lo que indica baja retención de humedad.

4.2.6 Enfermedades

Se realizó la aplicación de fungicidas con una frecuencia de 3 días para lo que se utilizó la rotación de los siguientes productos químicos propineb dosis de 0.01 gramos/planta, Iprovalicarb dosis de 0.01 gramos/planta y Carbendazim dosis 0.01 gramos/planta.

4.2.7 Diámetro del tallo

Para la medición del diámetro del tallo, se llevó a cabo la siguiente metodología. Se realizaron tres mediciones una inicial el 04/06/2015, la segunda fue el 05/08/2015 y la final fue 07/09/2015.

- El diámetro de los brotes, de los tratamientos se tomó de las mismas 10 plantas de los tratamientos del experimento.
- El diámetro se midió con un vernier, a una altura de 2.5 centímetros de la base del injerto o parche (figura 8).
- Los datos fueron anotados en una boleta de muestreo previamente elaborada (ver en anexos).
- Los datos de campo fueron tabulados y analizados mediante un análisis de varianza.



Figura 7. Medición del diámetro en el brote del injerto de hule
Fuente: Autor, (2015)

4.2.8 Altura del brote

La medición de esta variable en metros se realizó mediante el uso de una cinta métrica. Se realizó una medición inicial el 04/06/2015 y dos meses después se realizó una intermedia la cual fue el 05/08/2015 luego una final realizada el 07/09/2015.

- Se midió la altura de las 10 plantas por tratamiento del experimento.
- La medición fue hecha, desde la base del parche del injerto hasta el ápice del brote (figura 7).
- Los datos fueron anotados en una boleta de muestreo previamente elaborada presentada en anexos.

- Los datos de campo fueron tabulados y comparados mediante un análisis de varianza y de ser necesario realizar una prueba de tukey, determinando el tratamiento con mejor respuesta en relación a altura del brote.



Figura 8. Medición de la variable altura de brote de hule
Fuente: Autor, (2015)

4.2.9 Biomasa de Raíces y Brotes de injertos

La medición del peso seco las de raíces y brote del injerto se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Se recolectaron 4 plantas por tratamiento.
- Se eliminó el brote en la base del injerto o parche colectando tanto el tallo como las hojas en un sobre de papel manila.
- Para las muestras de raíces se eliminó el tronco del porta injerto al ras del suelo de la bolsa al inicio de las raíces secundarias luego se limpió del suelo que contenían para llevarlas en bolsas de papel manila.
- Los sobres se trasladaron al horno donde se mantuvo por 24 horas a 105 grados centígrados
- Los datos fueron anotados en una boleta de muestreo previamente elaborada presentada en anexos.
- Los datos de campo fueron tabulados y comparados mediante un análisis de varianza y una comparación de medias “Tukey al 0.01% I, determinando el tratamiento con mejor respuesta en relación a la biomasa radicular y biomasa del brote.

4.2.10 Determinar si existe variación entre las propiedades químicas y físicas del suelo después de la aplicación

Las muestras fueron tomadas de la siguiente manera: cada muestra estaba compuesta por 24 sub-muestras obtenidas de las 6 bolsas de almacigo en evaluación de cada repetición por tratamiento donde se utilizó la metodología en sig-sag.

Se utilizó un barreno para obtener dichas muestras donde la profundidad fue a 10 cm, luego de adquirir la muestra se identificó y envió al laboratorio donde fueron analizadas en CENGICAÑA (anexo).

Se realizó el primer análisis de suelo de las bolsas, el 14/05/2015 obteniendo los resultados 15 días después para tener una base del estado químico del suelo en relación a los macronutrientes P, K, Mg, Mn, Ca, Na, la capacidad de intercambio cationico entre otros y su estructura física antes de la aplicación de vinaza con el fin de determinar si existe variación en los elementos proporcionados por la vinaza después de la evaluación, en la que se realizó dos muestras al finalizar la evaluación de las dos concentraciones de 1.25 gramos de K y 2.25 gramos de K, en el experimento.

4.2.11 Estimar costos de mano de obra de los tratamientos en la aplicación de vinaza

Se realizó una proyección del costo con veinticinco mil unidades de almácigos sembrados en bolsa durante un periodo de fertilización de dos meses para determinar el valor de la mano de obra utilizada en relación a las frecuencias o intervalos de aplicación de cada tratamiento evaluado y se calculó en hojas electrónica de excel.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1 Diámetro del tallo del brote

En el cuadro 23 (ver anexo) se presentan los resultados de los 6 tratamientos por repetición que se utilizaron para el análisis de varianza, en el diámetro del tallo.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable biométrico diámetro del tallo del brote DCAB

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Concentraciones (A).	1	0.0266	0.0266	0.1171	0.735
Intervalo de aplicación (B).	2	0.1074	0.0537	0.2364	0.794
Interacción.	2	0.0358	0.0179	0.0788	0.924
Error	18	4.0900	0.2272		
TOTAL	23	4.2598			
C.V. = 8.51					

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

Para el cuadro 9 se acepta la hipótesis nula que indica que no existe diferencia significativa entre los factores evaluados, así como para la interacción de los mismos para la variable de crecimiento en el diámetro. El coeficiente de variación fue de 8.51% que se considera aceptable.

En el cuadro 24 en anexo se presentan los resultados de los 8 tratamientos por repetición que se utilizaron para el análisis de varianza, para el diámetro del tallo para determinar diferencia significativa entre los tratamientos adjuntando los testigos.

En el cuadro 10 se presentan los resultados del análisis de varianza realizado con un diseño completamente al azar.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable biométrico diámetro del tallo del brote DCA

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	0.6669	0.0952	0.4641	0.851
Error	24	4.9274	0.2053		
TOTAL	31	5.5944			
C.V. = 8.05%					

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCA: Diseño completamente al azar simple

Se acepta la hipótesis nula debido a que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en la variable de respuesta del crecimiento en el diámetro ya que la F calculada es menor que la F tabulada, contando con un coeficiente de variación de 8.05%, por lo que todos los tratamientos de las aplicaciones de vinaza y fertilizante comercial se comportaron con un mismo diámetro de tallo que el testigo absoluto.

2 Altura del tallo del brote

En el cuadro 25 en anexo se obtuvieron los datos de los 6 tratamientos por repetición que se utilizaron para el análisis de varianza, para la altura del tallo o brote determinando si existe diferencia significativa entre los tratamientos con un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable de respuesta biométrica altura del tallo del brote DCAB

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Concentraciones (A).	1	12.326	12.326	0.5057	0.507
Intervalo de aplicación (B).	2	4.9550	2.4775	0.1017	0.903
Interacción.	2	17.958	8.9794	0.3684	0.702
Error	18	438.70	24.372		
TOTAL	23	473.94			
C.V. = 13.81%					

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

El cuadro 11 determina por medio del análisis de varianza que para la variable biométrica en el crecimiento de la altura de los brotes del injerto, se acepta la hipótesis nula debido a que no existe diferencia significativa entre los factores y su interacción, obteniendo como resultado un coeficiente de variación del 13.81% estando en el rango adecuado para un experimento agrícola.

Se presentan los resultados en el cuadro 26 en anexo sobre los datos obtenidos durante la evaluación de los 8 tratamientos por repetición que se utilizaron para el análisis de varianza, para la variable altura del tallo de los tratamientos de aplicaciones de vinaza y fertilizante comercial comparados con el testigo absoluto. Diseño Completamente al Azar.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable altura del tallo DCA

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	69.675	9.9536	0.441	0.866
Error	24	541.23	22.551		
TOTAL	31	610.90			
C.V. = 13.22%					

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCA: Diseño completamente al azar simple

Se acepta la hipótesis nula en el cuadro 12 debido a que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en la variable de respuesta del crecimiento en la altura del brote o injerto, determinado por el análisis de varianza realizado, teniendo un coeficiente de variación del 13.22% aceptable para una investigación agrícola. Significa que todos los tratamientos fueron estadísticamente igual al testigo absoluto, por lo que con fines de producción de almacigo no se utilizaría dicho subproducto ya que como productor se busca el crecimiento de las plantas tanto de diámetro y altura del tallo.

3 Biomasa Radicular

Se utilizaron los datos del cuadro 27 en anexo de los resultados en los 6 tratamientos de aplicaciones de vinaza evaluados para el análisis de varianza, de la variable en la biomasa radicular con un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial.

Cuadro 13 Análisis de varianza para la variable biomasa radicular DCAB

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Concentraciones (A).	1	8.4018	8.4018	1.5692	0.228
Intervalo de aplicación (B).	2	113.31	56.658	10.581	0.002
Interacción.	2	180.38	90.193	16.845	0.000
Error	15	80.313	5.3542		
TOTAL	23	386.63			
C.V. = 14.49%					

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

Para el cuadro 13 se acepta la hipótesis alternativa ya que existe diferencia significativa entre los factores evaluados, como también entre la interacción de los mismos en la variable biomasa radicular, por lo que fue necesario realizar una prueba de medias de Tukey al 0.01%.

En el cuadro 28 en anexo se presenta las medias de los 6 tratamientos para realizar la prueba de medias de la biomasa radicular.

Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey 0.01% biomasa radicular DCAB

Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	Media	
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	19.51	A
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	17.73	A
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	17.73	A
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	17.73	A
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	14.19	AB
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	08.86	B

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

En el cuadro 14 se presentan los resultados de la prueba de medias de Tukey al 0.01% donde se refleja la biomasa radicular de los tratamientos clasificados en tres grupos. Los tratamientos que produjeron mayor biomasa fueron el tratamiento de 1.13 gramos de potasio con un intervalo de 16 y de 12 días, conjunto a los tratamientos de 2.25 gramos de potasio con intervalos de 8 y 16 días los que presentaron mayor promedio de peso seco de raíces.

Como se demuestra en los resultados el mejor tratamiento es el 3, 2.25 gramos por planta de potasio con un intervalo de 16 días y 1.13 gramos por planta con intervalo de 8 días lo que demuestra que el exceso de la aplicación de vinaza con menor intervalo produce un decrecimiento o menor peso seco de las plantas debido a que en el suelo sufre un desbalance de los nutrimentos.

En el cuadro 29 en anexo se presentan los datos obtenidos de los 6 tratamientos por repetición que se utilizaron para el análisis de varianza, para la variable biométrica biomasa radicular.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable biomasa radicular DCA

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	402.69	57.527	14.5958	0.000
Error	24	94.593	3.9413		
TOTAL	31	497.28			
C.V. = 13.16%					

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCA: Diseño completamente al azar simple

Se acepta la hipótesis alternativa debido a que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en la variable Biomasa radicular en gramos por lo que es preciso realizar una prueba de medias Tukey al 0.01%.

También se obtuvo un coeficiente de variación del 13.16% la cual representa que fue manejado adecuadamente debido que para un experimento agrícola el coeficiente de variación debe estar como máximo en un 20%.

Tabla de medias obtenidas por tratamiento durante la investigación demostrada en el cuadro 30 en anexo, utilizada para realizar la siguiente comparación de medias.

Cuadro 16. Prueba de medias de Tukey 0.01% biomasa radicular DCA

Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	Media	
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	19.51	A
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	17.73	A
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	17.73	A
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	17.73	A
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	14.19	AB
T7	1 Gr/N,P (Testigo Relativo)	14.19	AB
T8	Sin aplicación de fertilizante (Testigo absoluto)	10.64	B
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	08.86	B

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCA: Diseño completamente al azar simple

En base a la prueba de comparación de media de Tukey al 0.01% (cuadro 16) para determinar el mejor tratamiento comparando los factores e integrando el testigo absoluto y relativo con mayor biomasa radicular se obtuvo tres grupos los mayores en biomasa fueron los tratamientos de 1.13 gramos de K, con 12 y 16 días de intervalo.

Así mismo 2.25 gramos de k con 8 y 16 días de intervalo estando en el primer grupo, seguido del segundo grupo fueron los tratamientos 2.25 gramos de k y 12 días el intervalo de aplicación, también se conjuga el testigo relativo con 1 gramo de fertilizante químico con intervalo de 12 días

que se determinaron entre el mejor peso seco y los de menor peso seco fueron los tratamientos sin fertilización (absoluto) y el de 1.13 gramos de k con intervalos de aplicación a cada 8 días.

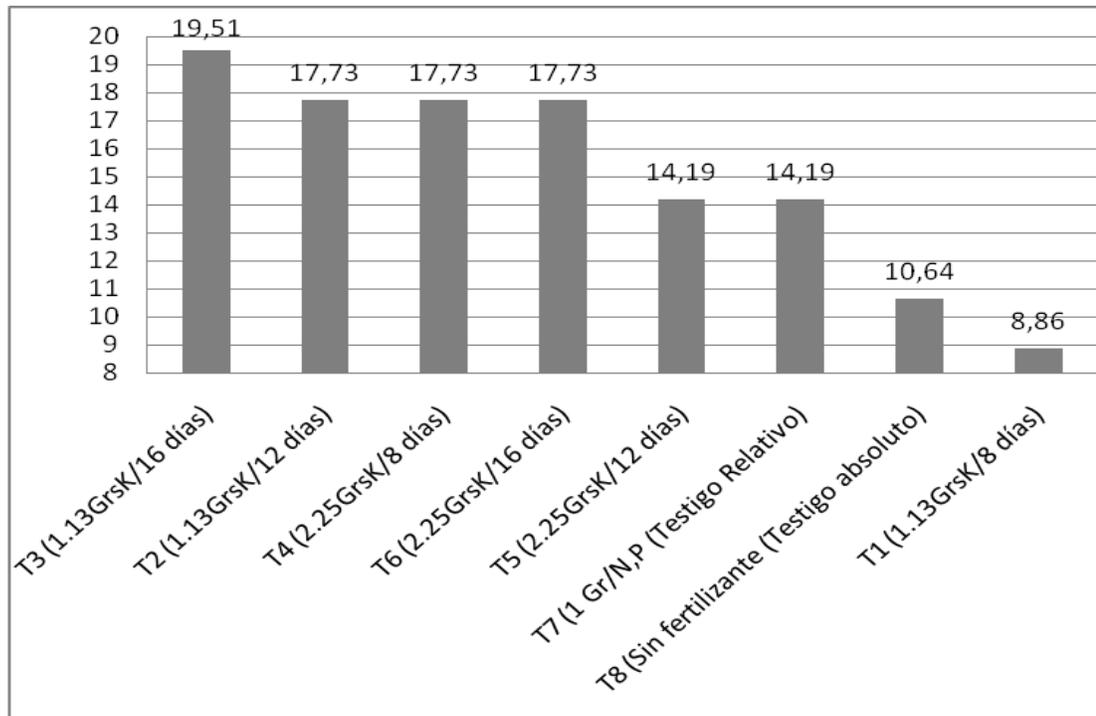


Figura 9. Medias obtenidas de la biomasa de raíces
Fuente: Autor, (2016)

Se determinó en la figura 9 que la relación entre bajo contenido de potasio e intervalos amplios produjo mejores resultados sin embargo al aplicar mayor concentración a intervalos menores. a cada ocho días se produce un menor contenido de biomasa, lo que demuestra los testigos de igual manera a menor nutrimentos se tiene bajo contenido de biomasa a mayor elementos e intervalos altos más biomasa.

Aunque todos los tratamientos fueron manejados adecuadamente se puede decir que los macro elementos esenciales que contiene la vinaza son de importancia en el desarrollo de las plantas pero el exceso retiene las funciones de crecimiento de la misma dándole una menor biomasa.

4 Biomasa Foliar

Se presenta en el cuadro 31 en anexo los datos obtenidos de los 6 tratamientos por repetición que se utilizaron para el análisis de varianza, para la variable de respuesta biomasa foliar determinando así que existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable de respuesta biométrica biomasa foliar en gramos

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Concentraciones (A).	1	33.583	33.583	23.997	0.000
Intervalo de aplicación (B).	2	37.700	18.850	13.469	0.001
Interacción.	2	54.457	27.228	19.456	0.000
Error	15	20.991	1.3994		
TOTAL	23	148.65			
C.V. = 13.34%					

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

El cuadro 17 determina por medio del análisis de varianza que para la variable biométrica en la biomasa foliar se acepta la hipótesis alternativa ya que existe diferencia significativa entre los factores y su interacción, obteniendo como resultado un coeficiente de variación del 13.34% estando en el rango adecuado para un experimento agrícola. Por tal motivo se realizó en el siguiente cuadro la prueba de medias de Tukey al 0.01%.

Tabla de medias obtenidas por tratamiento durante la investigación demostrada en el cuadro 32 en anexo para realizar la comparación entre tratamiento.

Cuadro 18. Prueba de medias de Tukey 0.01% biomasa foliar DCAB

Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	Media	
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	12.41	A
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	10.63	AB
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	8.86	BC
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	8.86	BC
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	7.09	CD
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	5.32	D

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

En el cuadro anterior se presentan los resultados de la prueba de medias de Tukey al 0.01% donde se refleja la biomasa foliar de los tratamientos clasificados en cinco grupos el tratamiento que produjo mejor peso seco foliar fue el tratamiento, de 12 días de intervalo de aplicación con 1.13 gramos de k por planta debido a que el potasio ayuda a las plantas en los procesos de la fotosíntesis y regula la temperatura como también ayuda en el flujo de nutrientes dentro de la misma planta.

Determinando así el tratamiento de 16 días de intervalo de aplicación con 1.13 g/k estando en el segundo peso seco foliar dentro de las muestras obtenidas. También se determinaron los tratamientos 2.25 g/k por planta con intervalo de aplicación de 8 y 12 días, dejando como resultado los tratamientos de menor peso seco foliar de 1.13 g/k con intervalos de 8 días de aplicado y el 2.25 g/k fue aplicado cada 16 días.

En el cuadro 33 en anexo se presentan los diferentes datos de campo obtenidos para realizar el análisis de varianza y así determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos efectuados con un diseño completamente al azar.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable biomasa DCA

Análisis de varianza					
FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	169.75	24.250	22.092	0.000
Error	24	26.344	1.0976		
TOTAL	31	196.09			
C.V. = 12.43%					

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCA: Diseño completamente al azar simple

El cuadro 19 acepta la hipótesis alternativa que realizando la prueba de varianza se determinó significancia entre los tratamiento evaluados por lo tanto se realizará una comparación de media Tukey al 0.01% para determinar el mejor tratamiento, con un coeficiente de variación del 12.43% indicando ser aceptable.

Se tienen los datos obtenidos en campo para realizar la prueba de medias y determinar el mejor tratamiento en relación a biomasa del brote del injerto en el cuadro 34 en anexo.

Cuadro 20. Prueba de medias de Tukey 0.01% biomasa foliar DCA

Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	Media	
T2	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B2, 12 días.	12.41	A
T3	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B3, 16 días.	10.63	AB
T4	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B1, 8 días.	8.86	BC
T5	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B2, 12 días.	8.86	BC
T8	Sin aplicación de fertilizante (Testigo absoluto)	8.86	BC
T1	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B1, 8 días.	7.09	CD
T6	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B3, 16 días.	5.32	D
T7	1 Gr/N,P (Testigo Relativo)	5.32	D

Fuente: Autor, (2016)

Notas: DCA: Diseño completamente al azar simple

En el cuadro 20 se muestran los resultados obtenidos de la prueba de media de Tukey al 0.01% que determinó el mejor tratamiento con peso seco foliar fueron los tratamientos 1.13 g/k intervalo de aplicación de 8 y 16 días contando con un mejor flujo de nutrientes dentro de la planta y asimilación de los mismos debido a que el potasio ayuda en regular la temperatura y en procesos de la fotosíntesis.

También los tratamientos de 2.25 g/k con intervalos de 8 y/o 12 días y el testigo absoluto sin aplicación de fertilizante se denotó con un tercio de mayor peso seco.

Sin embargo los tratamientos 1.13 g/k con 8 días de intervalo de aplicación y el tratamiento de 2.25 g/k con intervalo de 16 días de aplicación se encontraron con el antepenúltimo puesto con menor peso seco a diferencia del aplicado con fertilización química se obtuvo menor peso seco foliar de los brotes de las plántulas en el almacigo de *H. brasiliensis*.

5 Características químicas y estructura del suelo

En el presente cuadro se muestran los resultados de las muestras de los análisis de suelo realizados en CENGICAÑA, para determinar las diferentes características químicas y estructura del suelo antes de iniciar la aplicación de vinaza y después de su respectiva evaluación.

Cuadro 21. Resultados de los análisis de suelo antes y después de la aplicación de vinaza de melaza realizado en CENGICAÑA

Identificación	CE	pH	MO	Ca	Mg	K	Na	CIC
	(dS m ⁻¹)	1:2.5	%	Meq intercambiables/100 g suelo				
Sin Vinaza Melaza	0,12	4,54	8,35	3,43	1,00	1,44	0,68	41,54
Concentracion 1 (1,13 gr K)	0,34	6,00	7,83	2,42	3,36	5,66	0,60	41,64
Concentracion 2 (2,25 gr K)	0,41	6,26	8,35	3,43	5,48	9,07	0,62	41,64
Rangos para el Caucho	0-2.	6.5 a 7.5	5-10.	3-6.	1.5 y 2.	-1 y 4+	-1,00	20+
	no salino	neutro	Medio	medio	bajo y a	bajo y a	ideal	alto
Tipo de Textura	Arcilla	Limo	Arena	P	Cu	Zn	Fe	Mn
	%			(ppm)				
Franco arenoso	10,92	26,11	62,97	3,97	0,61	7,12	10,13	243,16
Franco	18,04	32,10	49,86	2,25	0,22	6,67	11,91	114,94
Franco	16,00	32,24	51,76	1,56	0,08	6,91	8,75	131,79
Rangos para el Caucho				-15	-1	3+	-25	10+
				bajo	bajo	alto	bajo	alto

Fuente: Autor, (2016).

En el cuadro 21 se presentan los resultados obtenidos por los análisis de suelo sin vinaza y con vinaza en dos concentraciones lo que estableció un rango para el cultivo la cual sirve como base para determinar si existió variación de algunos elementos (pH, Ca, Mg, K, P) después de la aplicación por lo que se analizan los resultados de la siguiente forma:

En la siguiente figura se presentan los resultados de conductividad eléctrica, potencial de hidrogeno y materia orgánica existente en el suelo.

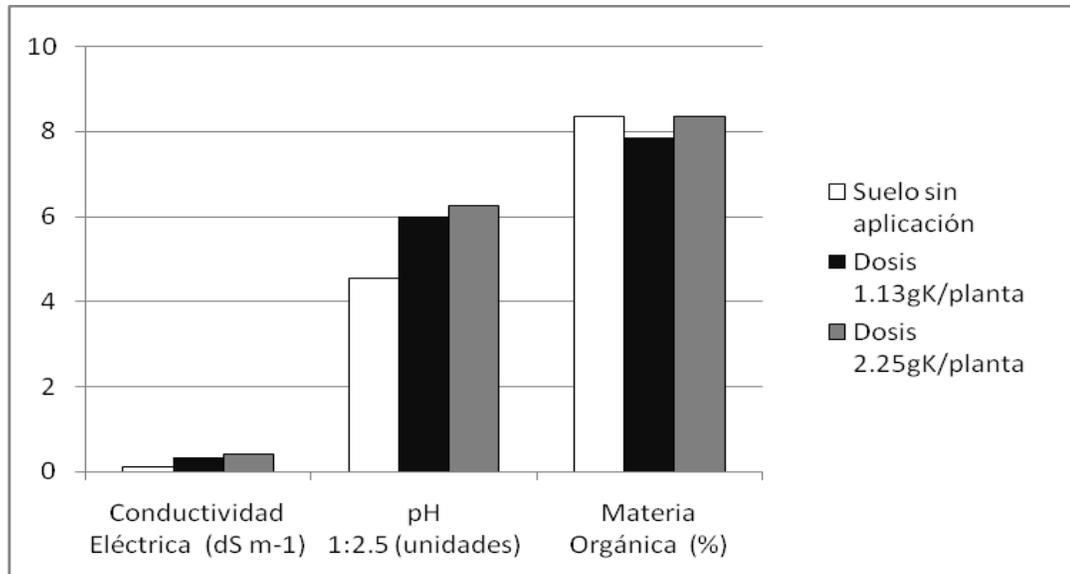


Figura 10. Conductividad Eléctrica, pH y Materia orgánica resultados obtenidos de los análisis de suelo realizado por el laboratorio CENGICAÑA
Fuente: Autor, (2016)

- **Conductividad Eléctrica.** Los resultados en la figura 9 indica que es un suelo no salino.
- **pH.** Se determinó que de un suelo muy ácido el potencial de hidrógeno aumentó en relación a las concentraciones aplicadas por lo que esto ayudó a que algunos elementos fueron absorbidos en la planta.
- **Materia Orgánica.** Se demuestra que contempla un rango medio que va de 5 a 10 por ciento, que para el cultivo de caucho dicho contenido es adecuado.

En la figura siguiente se presentan los diferentes resultados de los macro y micro nutrientes existentes en el suelo.

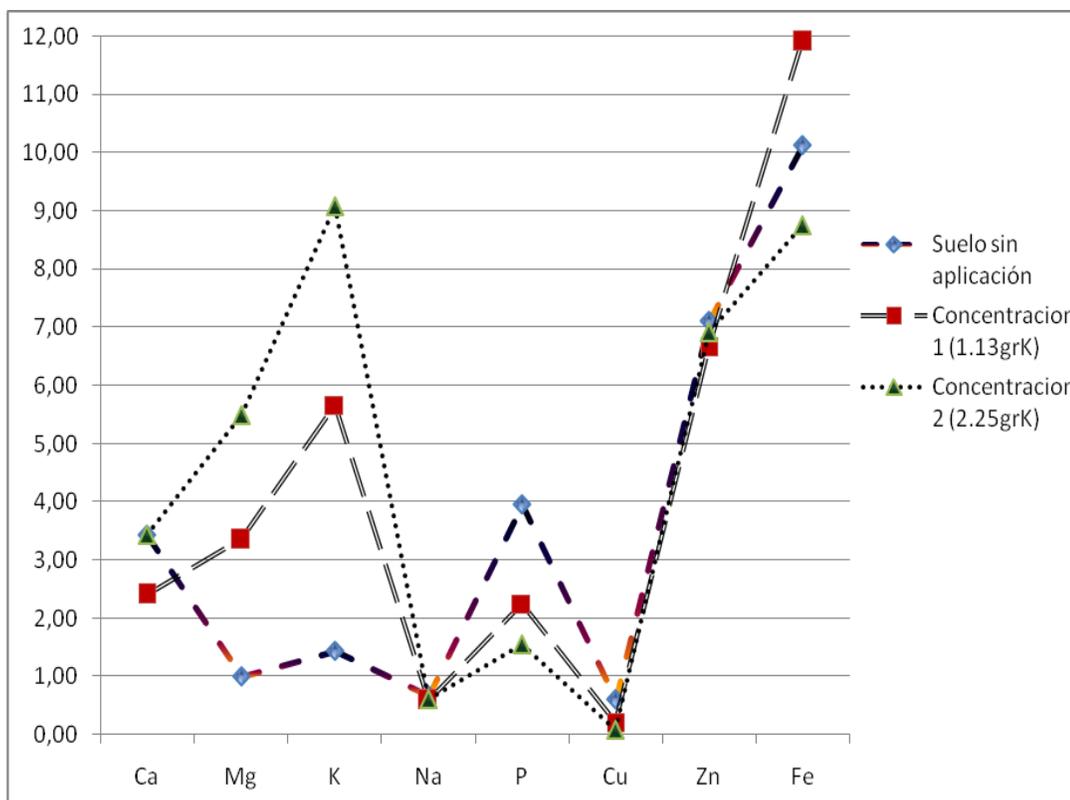


Figura 11. Macro y micro elementos obtenidos de los resultados de análisis de suelo realizado por el laboratorio CENGICANA
Fuente: Autor, (2016)

- **Calcio.** El resultado sin aplicación y para la concentración 2 se mantienen en el rango medio, mientras que la concentración 1 se encuentra en el rango bajo lo cual indica que la planta de caucho si estuvo absorbiendo dicho elemento ya que el caucho extrae gran cantidad de calcio y la vinaza aportó el mismo en promedio de 0.15 gramos por aplicación en la concentración 1 y 0.29 gramos en la concentración 2 demostrando así que el pH ayudó a que dicho nutrimento tuvo una variación entre cada concentración.
- **Magnesio.** También se demuestra que aumentó en relación a cada concentración a pesar que el rango del mismo fue alto después de la aplicación la planta no demostró alguna deficiencia de magnesio en las nervaduras de las hojas en relación a la clorosis que aparece al

ser deficiente dicho resultado es debido a que no se manifiesta la aplicación del mismo para la edad de 11 meses en el caucho.

- **Potasio.** El suelo contenía bajo k, cuando no se había aplicado vinaza mientras que al aplicar dicho producto en dos concentraciones esta se mantuvo en el rango alto, lo cual este elemento ayuda en los procesos fisiológicos como la síntesis de proteínas, aminoácidos, fotosíntesis y transforma los carbohidratos aunque su deficiencia se demuestra en hojas maduras durante la evaluación no se encontró deficiente pero el exceso del mismo podría provocar un decrecimiento en las plantas, debido a que este atrofiaría las funciones de otros elementos que puedan estar disponibles en el suelo.

Aunque la portación de dicho nutrimento es menos marcado en plantas jóvenes como el almacigo.

- **Sodio.** No es un elemento esencial pero está dentro del rango ideal para el cultivo de caucho.
- **Capacidad de intercambio cationico.** Los resultados demuestran que fue alta lo cual influye en las cargas negativas que se encuentran en el suelo para retener cationes que puedan ser las bases absorbidas por las plantas de caucho.
- **Fosforo.** Es absorbido por la planta en menor cantidad a pesar que la vinaza aporta dicho nutrimento este fue en descendiendo en las diferentes concentraciones aplicadas debido a que el pH, fue un factor importante para su absorción ya que el mismo se encontró en un medio adecuado para que la planta de caucho se nutriera.

- **Cobre.** con la vinaza aplicada no hubo aporte por lo cual el mismo fue variando entre las concentraciones y disminuyó en el tiempo de la evaluación su deficiencia es la deformación de las extremidades, no se observó en las plantas de caucho evaluadas.
- **Zinc.** No fue objeto de variación debido a que no fue aportado por la evaluación de vinaza en estudio, aunque su deficiencia en las plantas de caucho no fueron marcadas tanto en el crecimiento de los entrenudo y hojas.
- **Hierro.** No es parte esencial para el cultivo de hule, pero se establece dentro de los elementos extraídos dentro del suelo su rango es bajo y no se tiene estudios que demuestren deficiencia en caucho.
- **Manganeso.** El caucho no tiene estudios referentes a este elemento lo cual los análisis de suelo realizados demuestran que se encuentra en un alto rango al que necesita el cultivo de caucho.
- **Estructura física.** Textura del suelo sin aplicación de vinaza resultó ser franco arenosa y después de la aplicación cambió a ser franco debido a que la distribución de cargas en la formación de una doble capa difusa. Compuesta por cargas de óxidos e hidróxidos de hierro, aluminio, materia orgánica y por los iones de carga opuestas que las neutralizan se determinó que estos compuestos hicieron que su estructura se modificara.

6 Estimación de costos de mano de obra de los tratamientos en la aplicación de vinaza

En el presente cuadro se estima los diferentes costos que conlleva cada tratamiento evaluado en la aplicación de vinaza, en relación a los intervalos de aplicación.

Cuadro 22. Resultados sobre la estimación de costos de jornales por tratamiento evaluado

Estimacion de costos de mano de obra de aplicación de vinaza y metros cubicos en dos meses							
Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Factores Evaluados	Concentración 1 (1.13grsK)			Concentración 2 (2.25grsK)			1 g 18-46-0
Intervalos de aplicación	8 días	12 días	16 días	8 días	12 días	16 días	12 días
Almacigo en bolsa a Fertilizar(Unidades)	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
# aplicaciones	8	5	4	8	5	4	5
Concentracion promedio cc.	108	108	108	216	216	216	1
# plantas/jornal de aplicación de fertilizante	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
# jornales a utilizar	200	125	100	200	125	100	125
Litros a utilizar en 2 meses y medio	21600	13500	10800	43200	27000	21600	125
Metros cubicos utilizados	22	14	11	43	27	22	0
Costo Total	Q 16.374,00	Q 10.233,75	Q8.187,00	Q16.374,00	Q10.233,75	Q 8.187,00	Q10.233,75

Fuente: Autor, (2016)

En la figura siguiente se pueden apreciar los diferentes costos estimados en la aplicación de vinaza evaluación.

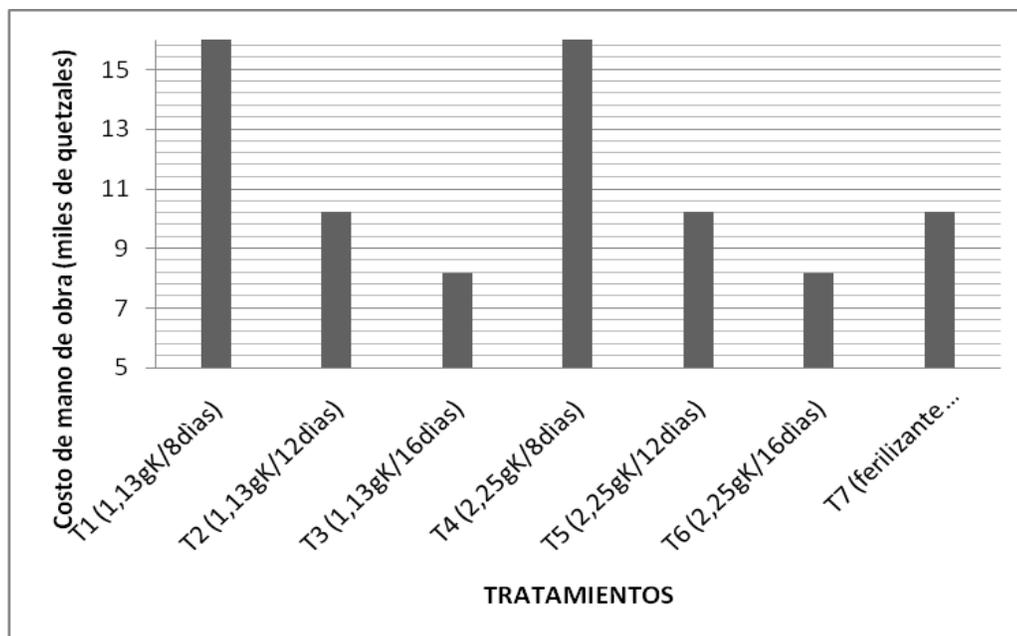


Figura 12. Costos de mano de obra por tratamiento
Fuente: Autor, (2016)

Como se puede apreciar en la figura anterior, el tratamiento 1 y 4 con intervalo de aplicación a cada 8 días determinó un costo de mano de obra de 16,374.00 en 200 jornales, mientras que el intervalo 2, 5 y 7 que se aplica a cada 12 días el costo de mano de obra fue de Q 10,233.75 en 125 jornales mientras que el de menor costo fue el tercer intervalo a cada 16 días con un costo de Q 8,187.00 en 100 jornales.

Como también se puede apreciar 22 m³ de vinaza de melaza pura, utilizados en el tratamiento 1, (1.13 grs K/cada 8 días) y tratamiento 6, (2.25 grs K/cada 16 días). El tratamiento 2, (1.13 grsK/cada 12 días) utilizó 14 m³ mientras que el tratamiento 3, (1.13 grsK/cada 16 días) utilizó 11 m³, para el tratamiento 4 (2.25 grsK/cada 8 días) utilizó 43 m³ y el tratamiento 5, (2.25 grsK/cada 12 días) utilizó 27 m³.

Lo cual indica que puede ser útil para poder utilizarlo dentro del almacigo y contribuir en el medio ambiente ya que la vinaza en el ingenio se maneja en áreas de sacrificio y dentro del cultivo de caña de azúcar.

Por lo que el almacigo de hule y la plantación adulta podría ser un área adecuada para absorber una parte de la producción de vinaza de melaza pura, como otra fuente de absorción de tal subproducto de alcohol debido a que no mostro efectos durante la evaluación efectos dañinos para el caucho.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se estableció que para la variable de repuesta del diámetro y altura de brote no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos evaluados.
2. Se determinó que para la biomasa radicular el tratamiento de 1.13 g de K a base de vinaza por planta a cada 8 días presentó la menor masa.
3. Se estableció que el tratamiento con mayor masa foliar fue el de la aplicación de 1.13 g de K a base de vinaza por planta a cada 12 días y el de menor masa foliar fue el de 2.25 g de K a base de vinaza por planta a cada 16 días.
4. Los testigos (relativo y absoluto) produjeron las menores masas radiculares junto a los tratamientos de 2.25 g de k a base de vinaza por planta a cada 12 días y 1.13 g de k a base de vinaza por planta a cada 8 días. Para la biomasa foliar solo los tratamientos de 1.13 g de k a base de vinaza por planta aplicados cada 12 y cada 16 días fueron mayores a los testigos (absoluto y relativo).
5. Se comprobó que después de las aplicaciones de vinaza, solo se observaron cambios en el pH del sustrato.
6. En los tratamientos donde se aplicó vinaza los elementos acumulados fueron potasio y magnesio, los elementos que decrecieron fueron fosforo, cobre, zinc, lo que puede atribuirse a una mejor absorción de dichos elementos por las plantas de hule (*H. brasiliensis*) ya que el pH se ubicó en el rango de 6 a 7 que es el rango óptimo para la absorción de los elementos.
7. Se determinó en el análisis económico que los costos de mano de obra de los tratamientos de 1.13 g de K a base de vinaza por planta a cada 16 y a cada 12 días se obtienen los menores costos, que ascienden a Q 8,187.00 y Q 10,233.75 respectivamente.

8. El tratamiento de 1.13 g de k a base de vinaza por planta a cada 16 días produjo la mayor masa foliar y radicular al menor costo.

IX. RECOMENDACIONES

1. Es conveniente utilizar la aplicación de 1.13 g de K a base de vinaza a cada 16 días por cuestiones económicas en los precios de la materia prima.
2. Debe evaluarse la aplicación de vinaza al inicio de realizar el semillero de almacigo de hule (*Hevea brasiliensis*) hasta el establecimiento de la siembra en campo definitivo.

X. BIBLIOGRAFIA

- 1 Base de datos. Ingenio Tzululá. Departamento Planificación y Control (PYC) de la Caña de Azúcar. (2015). *Registros*. San Andrés Villa Seca, Retalhuleu,GT. (Documentos electrónicos 2.5 MB).
- 2 Bohn, H.L., McNeal, B.L. and O'Connor, G.A. (1979). *Soil Chemistry*. New York: Wiley Interscience.
- 3 CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. (1996). *Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera del Sur de Guatemala*. Ingeniería del Campo Ltda. Compañía Consultora. Guatemala, GT.
- 4 Compagnon, P. (1998). *El caucho natural: Biología, cultivo, producción*. Mexico, D.F.: Consejo Mexicano del Hule.
- 5 Cruz S., JR de la. (1982). *Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento, basado en el sistema Holdridge*. Guatemala, GT.:Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- 6 Geus, JC. (1967). *Fertilizer guide for tropical and sub-tropical farming*. Francia: Centre D'Etude de L'Azote.
- 7 GREMHULE (Gremial de Huleros de Guatemala, GT). (1999). *El Caucho Natural*. Biología-Cultivo-Producción. ADER México – Edición Especial para la Gremial de Huleros, GT. Mexico: Consejo Mexicano de Hule – CIRAD – C.P.
- 8 GREMHULE (Gremial de Huleros de Guatemala, GT). (2000). *El Hule Natural en Guatemala Situación Actual*. Boletín Publicado por la Gremial de Huleros de Guatemala 2000.
- 9 INIFAP. (Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2015). *Tecnológico del Hule (Hevea brasiliensis Muell Arg.)* Recuperado el 02 de marzo 2015. de <http://www.inifap.gob.mx>
- 10 Ingenio Tzululá. Departamento de Heveicultura. (2015). *Registros de producción de hule*. San Andrés Villa Seca, Retalhuleu GT. (Hojas Excel, 2.5 MB).

- 11 Korndorfer. (1994). *Importância da adubação na qualidade da caña-da-açúcar*. In Sá, ME y Buzzetti, S. (Coord.). (1994). *Importância da adubação e qualida de dos productos agrícolas*. São Paulo, BR.: ÍCONE.
- 12 MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). Unidad de Planificación y Gestión de Riesgos, GT). (2004). *Laboratorio de información geográfica SIG-MAGA*. Guatemala, GT.
- 13 Nuñez, JR D. (1987). *Efeitos de elevada deposição de vinhaça sobre variedades de caña de açúcar*. Piracicaba, Sao Paulo, BR.: COPERSUCAR. (Boletín Técnico 37/87).
- 14 OMONT, H. (1996). *Misión sobre nutrición mineral de Hevea en Guatemala en base a criterios de selección de una política de fertilización, conformación de esos criterios con la realidad del terreno y distribución con especialistas locales para proponer criterios a corto, mediano y largo plazo*. Guatemala, GT.: CIRAD.
- 15 Ortega, JA. (1991). *Diagnóstico del control de malezas en el cultivo de la caña de azúcar, (Saccharum officinarum), en el Ingenio Tululá, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu*. Informe Final PPS. Agronomía) USAC. CUNSUROC. Mazatenango Such., GT.:
- 16 Rodrigues, JC.: y Moraes, RS. (1984). *Complementacao nitrogenada em áreas fertilizadas com vinhaca*. Piracicaba, São Paulo, BR.: COPERSUCAR. (Boletín Técnico Agronómico).
- 17 Rosenquist, E.A. (1960). *Manuring of rubber in relation to wind damage*. In Natural Rubber Research Conference (1960, Kuala Lumpur). Proceedings. Kuala Lumpur, MY.: se.
- 18 Simmons, CS., Táranos T., JM. y Pinto Z., JH. (1959). *Clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, GT.: Instituto Agropecuario Nacional.
- 19 Talibudeen, O. (1981). Cation exchange in soils. In: *The chemistry of soil processes*. Edited by D.J.Greenland and M.H.B. Hayes, John Wiley and Sons. MY.:

20 Valois, ACC *et al.* (1980). Cultura da seringueira. Brasília, BR.: se. (Manual Técnico no. 9).

Vo.Bo.



Lcda. Ana Teresa Cap Yes de González
Bibliotecaria



XI. ANEXOS

Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico																							
Fecha	Identificación	Finca	Lote	Estrato	Ingenio	No. Lab	CE	pH	MO	Ca	Mg	K	Na	CIC	P	Cu	Zn	Fe	Mn	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura
							(dS m ⁻¹)	1:2.5	%	Meq/100g Intercambiables				(ppm)				%	%	%			
14/05/2015	06-Asesoría	F1-S1	1	15 cm	Tululá	S-2462-05-15	0,12	4,54	8,35	3,43	1,00	1,44	0,68	41,54	3,97	0,61	7,12	10,13	243,16	10,92	26,11	62,97	Franco arenoso
<p>Métodos de Análisis: Conductividad Eléctrica (CE): en agua relación 1:4, pH en Agua relación 1:2.5, Materia Orgánica: Walkey-Black; Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Bases Intercambiables: extracción con acetato de amonio 1 normal; Micronutrientes y Fósforo: extracción con solución de Carolina del Norte, lectura por absorción atómica y espectrofotometría visible, respectivamente.</p> <p>Textura: método de Bouyoucos; Retención de Humedad: a 1/3 y 15 atmósferas; Densidad Aparente: método de la probeta; Humedad Gravimétrica: consultar metodología en el laboratorio</p> <p>ND: no detectado</p> <p>se ha modificado el formato para incluir el resultado de</p> <p>Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras como fueron recibidas en el Laboratorio.</p> <p>En el Laboratorio Agronómico, no nos hacemos responsables por el uso inadecuado que se le de a este Informe.</p> <p>Fecha Entrega: 29/05/2015</p> <p>página 1/1</p> <p style="text-align: center;">Finca Camantulul, Km 92.5, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla teléfonos 78281017-78281014</p>																							
Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar Laboratorio Agronómico																							
Resultados de Análisis Químico y Físico de Suelo																							
Identificación	Finca	Lote	Estrato	Ingenio	No. Lab	CE	pH	MO	Ca	Mg	K	Na	CIC	P	Cu	Zn	Fe	Mn	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura	
						(dS m ⁻¹)	1:2.5	%	Meq intercambiables/100 g suelo				(ppm)				%						
1,13 gramos de K	Tululá	M-7	20	Tululá	S-3877A-09-1	0,34	6,00	7,83	2,42	3,36	5,66	0,60	41,64	2,25	0,22	6,67	11,91	114,94	18,04	32,10	49,86	Franco	
2,25 gramos de K	Tululá	M-8	20	Tululá	S-3877B-09-1	0,41	6,26	8,35	3,43	5,48	9,07	0,62	41,64	1,56	0,08	6,91	8,75	131,79	16,00	32,24	51,76	Franco	
<p>Métodos de Análisis: Conductividad Eléctrica (CE): en agua relación 1:4, pH en Agua relación 1:2.5, Materia Orgánica: Walkey-Black; Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Bases Intercambiables: extracción con acetato de amonio 1 normal; Micronutrientes y Fósforo: extracción con solución de Carolina del Norte, lectura por absorción atómica y espectrofotometría visible, respectivamente. Boro: extracción con agua caliente y lectura por espectrofotometría visible. Textura: método de Bouyoucos; Retención de Humedad: a 1/3 y 15 atmósferas; Densidad Aparente: método de la probeta; Humedad Gravimétrica: consultar metodología en el laboratorio</p>															Elaborado por: Flor González Revisado por: Hugo Paz Jiménez Aprobado por: Wendy de Cano								
<p>Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras como fueron recibidas en el Laboratorio.</p> <p>En el Laboratorio Agronómico, no nos hacemos responsables por el uso inadecuado que se le de a este Informe.</p> <p>Fecha de Ingreso: 21 de septiembre de 2015</p> <p>Fecha Entrega: 26 de octubre de 2015</p> <p>página 1/1</p>																							

Figura 13. Resultados de análisis químico y físico del suelo antes y después de la aplicación de vinaza
Fuente: Laboratorio de ambiente, destiladora de alcoholes y rones S.A. (2015)

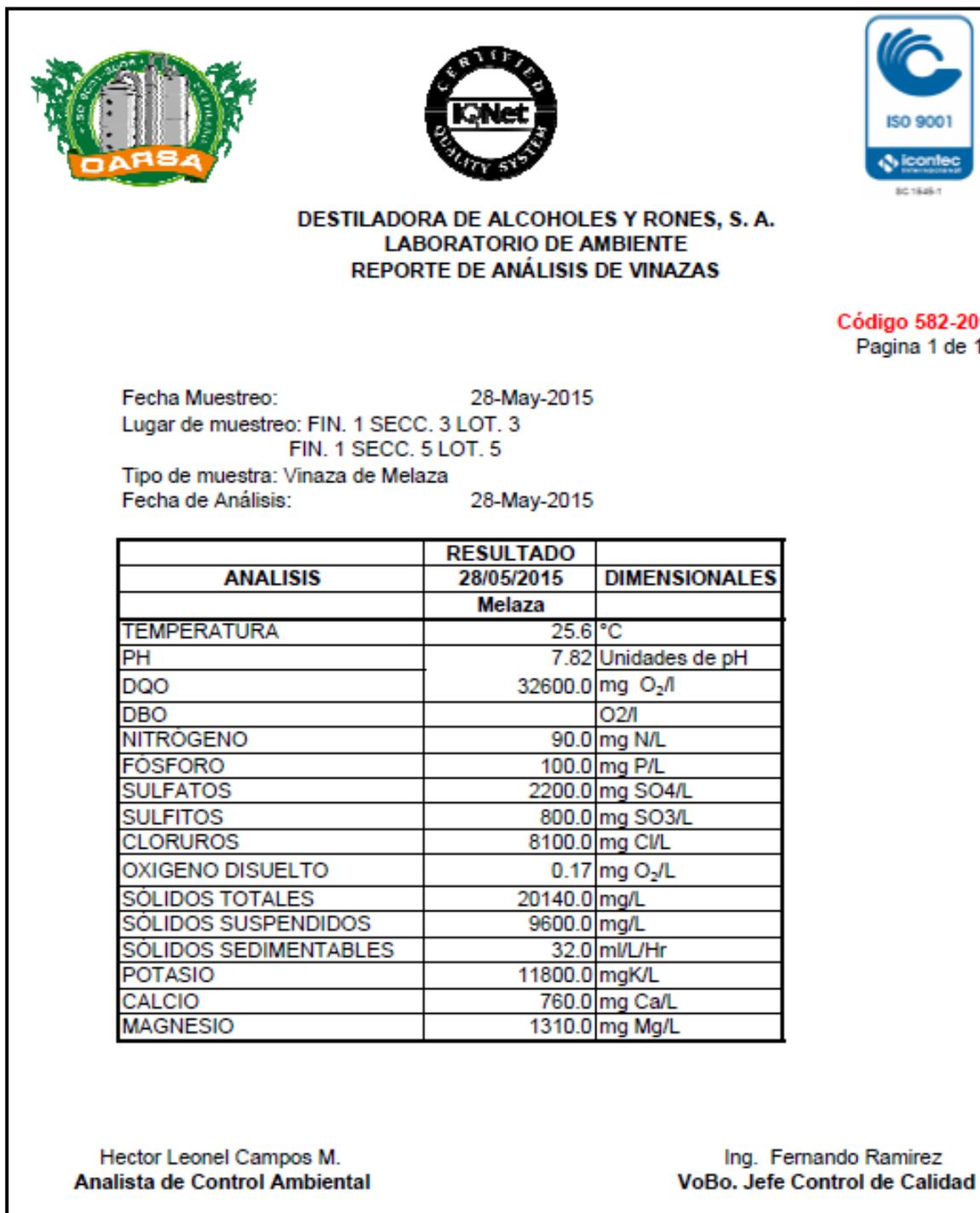


Figura 14. Reporte de análisis de vinaza: aplicación general a los tratamientos 1:6 (3/6/2015)

Fuente: Laboratorio de ambiente, destiladora de alcoholes y rones S.A. (2015)



**DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES, S. A.
LABORATORIO DE AMBIENTE
REPORTE DE ANÁLISIS DE VINAZAS**

Código 587-2015

Pagina 1 de 1

Fecha Muestreo: 9-Jun-2015

Lugar de muestreo: FIN. 1 SECC. 5 LOT 3

Tipo de muestra: Vinaza de Melaza

Fecha de Análisis: 9-Jun-2015

ANALISIS	RESULTADO	
	09/06/2015	DIMENSIONALES
	Melaza	
TEMPERATURA	22.5	°C
PH	7.83	Unidades de pH
DQO	39400.0	mg O ₂ /l
DBO		O ₂ /l
NITROGENO	110.0	mg N/L
FÓSFORO	135.0	mg P/L
SULFATOS	2000.0	mg SO ₄ /L
SULFITOS	920.0	mg SO ₃ /L
CLORUROS	8900.0	mg Cl/L
OXIGENO DISUELTO	0.20	mg O ₂ /L
SÓLIDOS TOTALES	20180.0	mg/L
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	9600.0	mg/L
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	36.0	ml/L/Hr
POTASIO	9000.0	mgK/L
CALCIO	640.0	mg Ca/L
MAGNESIO	1540.0	mg Mg/L

Hector Leonel Campos M.
Analista de Control Ambiental

Ing. Fernando Ramirez
VoBo. Jefe Control de Calidad

Figura 15. Reporte de análisis de vinaza: primera aplicación a los tratamientos 1,4(11/6/2015)

Fuente: Laboratorio de ambiente, destiladora de alcoholes y rones S.A. (2015)



**DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES, S. A.
LABORATORIO DE AMBIENTE
REPORTE DE ANÁLISIS DE VINAZAS**

Código 589-2015
Pagina 1 de 1

Fecha Muestreo: 11-Jun-2015
Lugar de muestreo: FIN. 1 SECC. 5 LOT. 3

Tipo de muestra: Vinaza de Melaza
Fecha de Análisis: 11-Jun-2015

ANALISIS	RESULTADO	
	11/06/2015	DIMENSIONALES
	Melaza	
TEMPERATURA	24.8	°C
PH	7.74	Unidades de pH
DQO	38700.0	mg O ₂ /l
DBO		O ₂ /l
NITRÓGENO	95.0	mg N/L
FÓSFORO	125.0	mg P/L
SULFATOS	2500.0	mg SO ₄ /L
SULFITOS	860.0	mg SO ₃ /L
CLORUROS	8700.0	mg Cl/L
OXIGENO DISUELTO	0.19	mg O ₂ /L
SÓLIDOS TOTALES	22600.0	mg/L
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	9200.0	mg/L
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	80.0	ml/L/Hr
POTASIO	10300.0	mgK/L
CALCIO	980.0	mg Ca/L
MAGNESIO	1950.0	mg Mg/L

Hector Leonel Campos M.
Analista de Control Ambiental

Ing. Fernando Ramirez
VoBo. Jefe Control de Calidad

Figura 16. Reporte de análisis de vinaza: Segunda aplicación a los tratamientos 2,5(15/6/2015)

Fuente: Laboratorio de ambiente, destiladora de alcoholes y rones S.A. (2015)

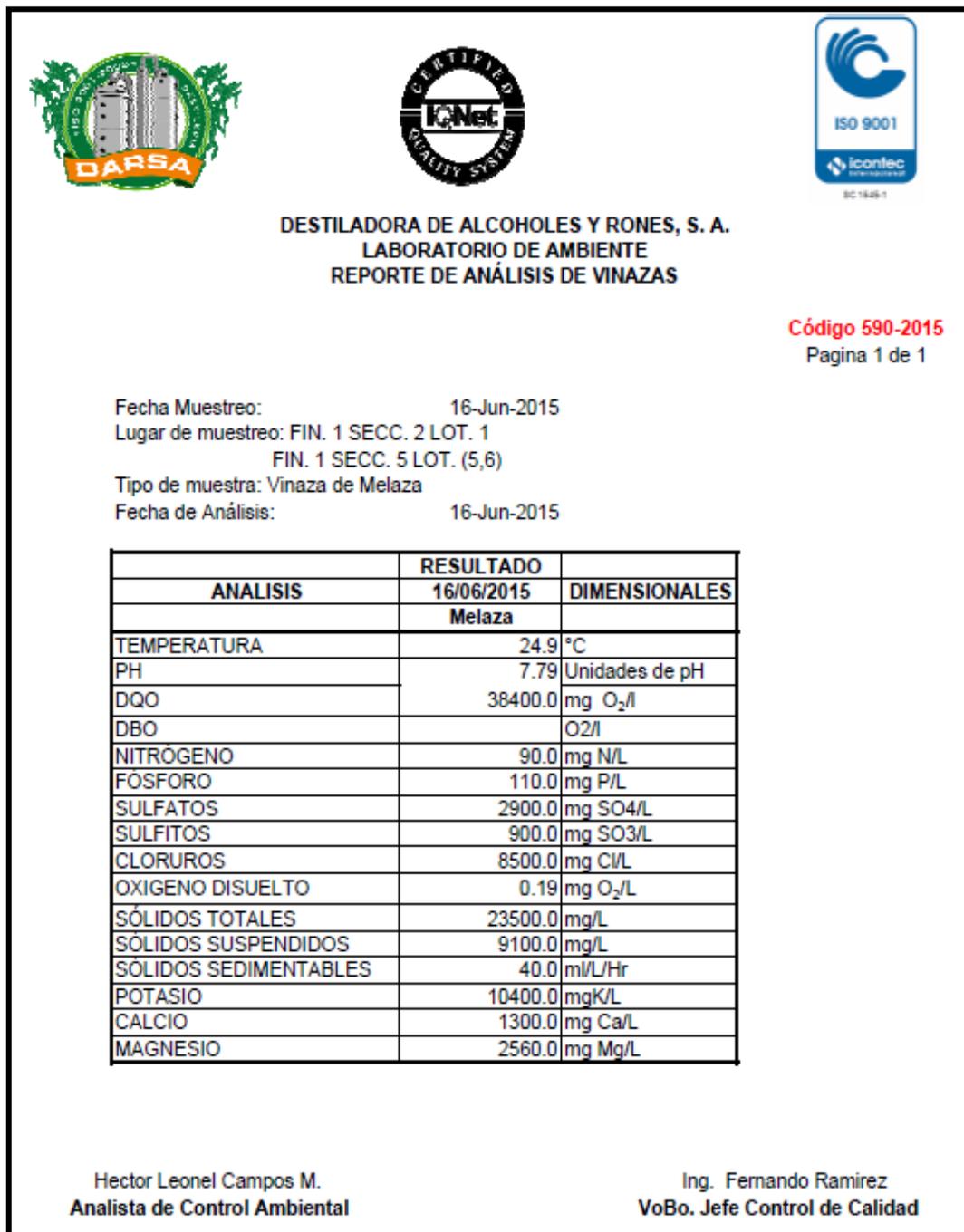


Figura 17. Reporte de análisis de vinaza: Tercera aplicación a los tratamientos 1,4,3,6 (19/6/2015)
Fuente: Laboratorio de ambiente, destiladora de alcoholes y rones S.A. (2015)

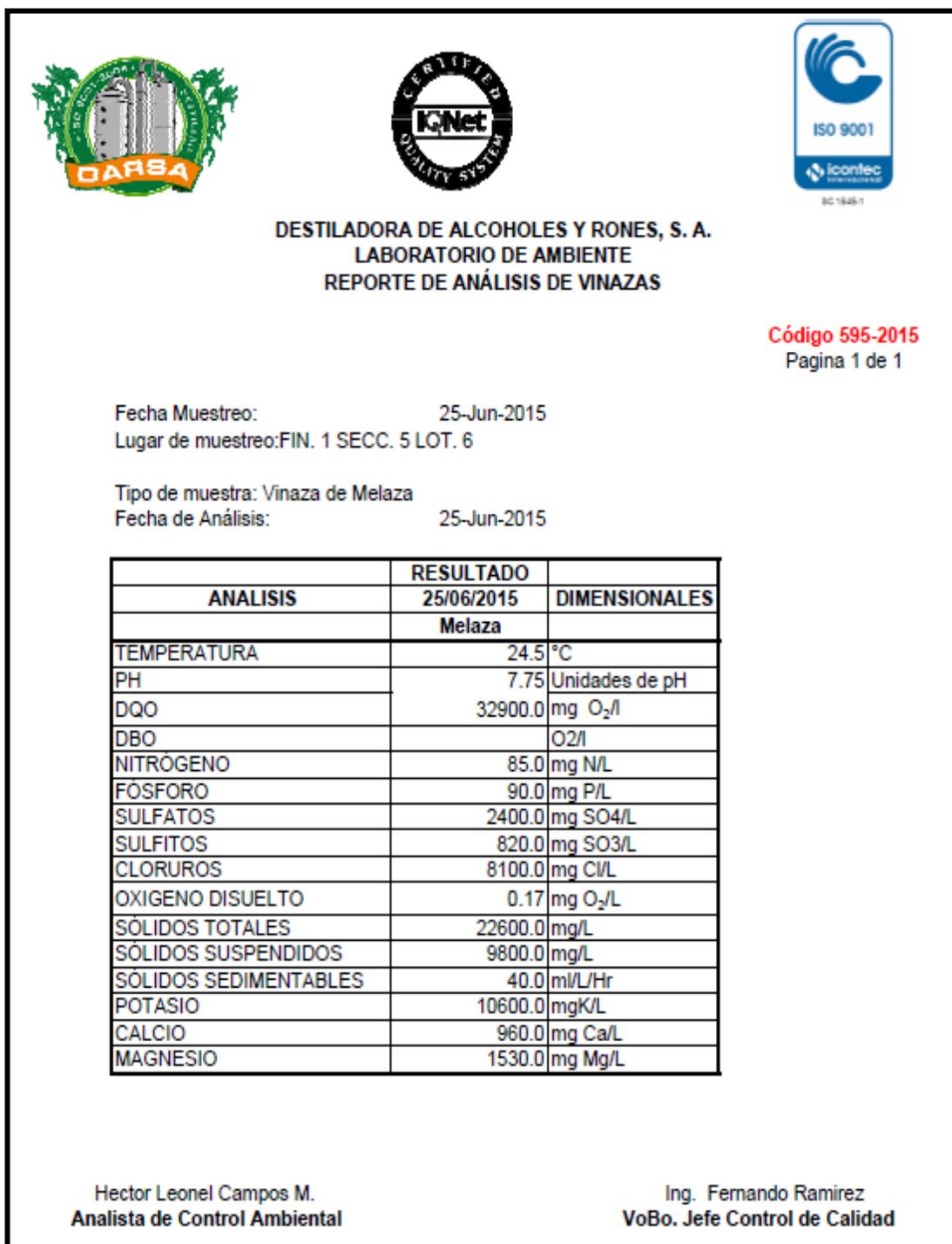


Figura 18. Reporte de análisis de vinaza: Cuarta aplicación a los tratamientos 1,4,2,5 (27/6/2015)

Fuente: Laboratorio de ambiente, destiladora de alcoholes y rones S.A. (2015)

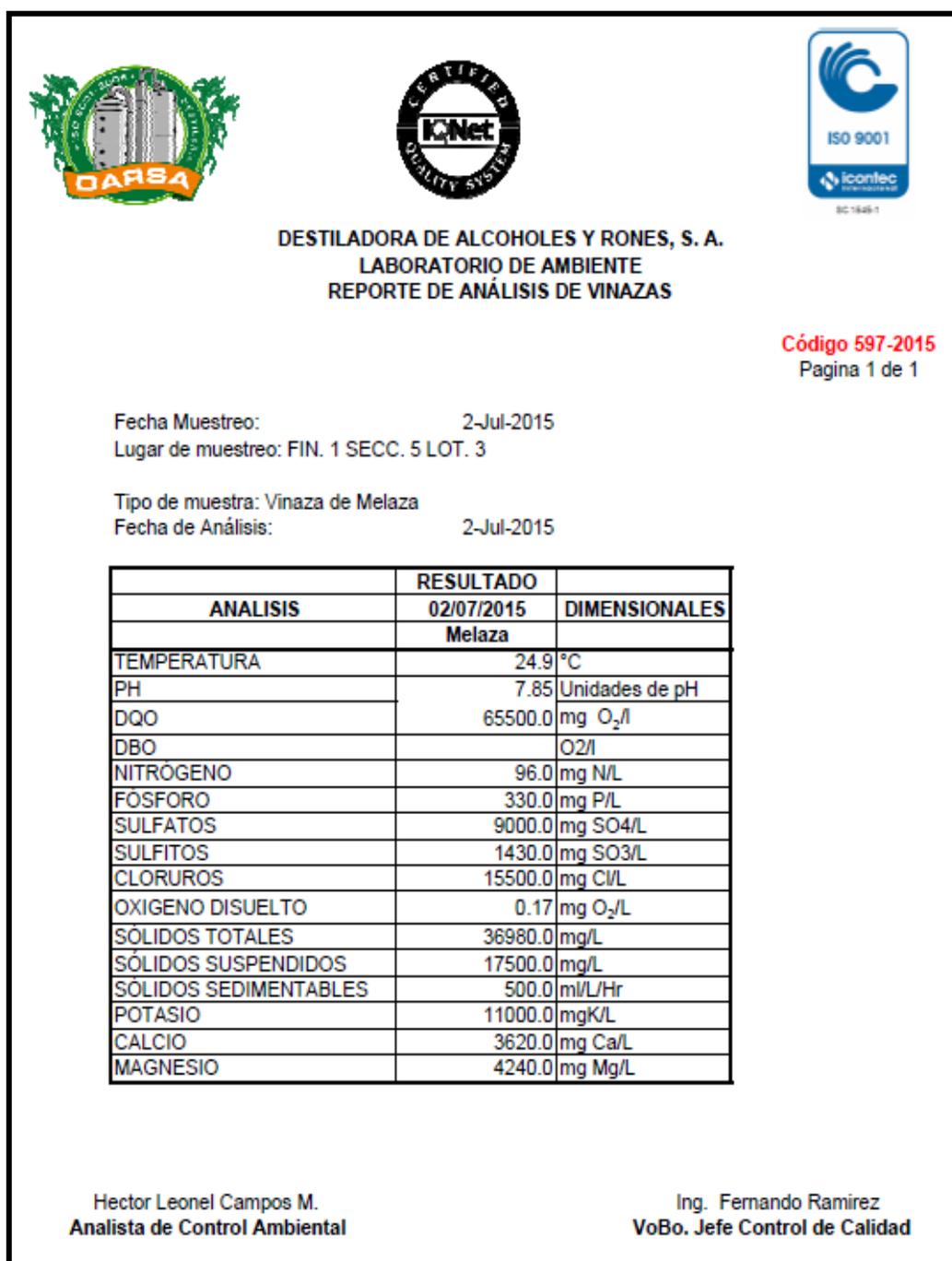


Figura 19. Reporte de análisis de vinaza: Quinta aplicación a los tratamientos 1,4,3,6 (5/7/2015)

Fuente: Laboratorio de ambiente, destiladora de alcoholes y rones S.A. (2015)

I q #plantas											
Tratamientos	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	Diametro mm										
	Altura cm										
T2	Diametro mm										
	Altura cm										
T3	Diametro mm										
	Altura cm										
T4	Diametro mm										
	Altura cm										
T5	Diametro mm										
	Altura cm										
T6	Diametro mm										
	Altura cm										
T7	Diametro mm										
	Altura cm										
T8	Diametro mm										
	Altura cm										

II q #plantas											
Tratamientos	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	Diametro mm										
	Altura cm										
T2	Diametro mm										
	Altura cm										
T3	Diametro mm										
	Altura cm										
T4	Diametro mm										
	Altura cm										
T5	Diametro mm										
	Altura cm										
T6	Diametro mm										
	Altura cm										
T7	Diametro mm										
	Altura cm										
T8	Diametro mm										
	Altura cm										

III q #plantas											
Tratamientos	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	Diametro mm										
	Altura cm										
T2	Diametro mm										
	Altura cm										
T3	Diametro mm										
	Altura cm										
T4	Diametro mm										
	Altura cm										
T5	Diametro mm										
	Altura cm										
T6	Diametro mm										
	Altura cm										
T7	Diametro mm										
	Altura cm										
T8	Diametro mm										
	Altura cm										

IV q #plantas											
Tratamientos	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	Diametro mm										
	Altura cm										
T2	Diametro mm										
	Altura cm										
T3	Diametro mm										
	Altura cm										
T4	Diametro mm										
	Altura cm										
T5	Diametro mm										
	Altura cm										
T6	Diametro mm										
	Altura cm										
T7	Diametro mm										
	Altura cm										
T8	Diametro mm										
	Altura cm										

Figura 20. Formato de toma de datos de las variables del experimento
Fuente: Autor, (2015)

Biomasa Radicular				
Tratamientos	I	II	III	IV
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
Biomasa Foliar				
Tratamientos	I	II	III	IV
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Figura 21. Formato de toma de datos de la variable biomasa
Fuente: Autor, (2015)

Cuadro 23. Datos obtenidos durante la medición para realizar los cálculos de la variable diámetro (mm) del tallo DCAB

Variable: Diámetro brote.		Bloques			
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	I	II	III	IV
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	6.4	5.7	5.7	4.9
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	6.1	4.9	5.4	5.7
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	5.8	5.5	6.1	5.4
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	6.2	5.8	4.9	5.8
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	6.0	5.7	4.8	5.5
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	5.9	5.4	5.3	5.5

Fuente: Autor (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

Cuadro 24. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable diámetro (mm) del tallo DCA

Variable: Diámetro brote.		Bloques			
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	I	II	III	IV
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	6.4	5.7	5.7	4.9
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	6.1	4.9	5.4	5.7
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	5.8	5.5	6.1	5.4
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	6.2	5.8	4.9	5.8
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	6.0	5.7	4.8	5.5
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	5.9	5.4	5.3	5.5
T7	1 Gr/N,P (Testigo Relativo)	5.6	5.4	5.0	5.8
T8	Sin aplicación de fertilizante (Testigo absoluto)	5.7	6.5	5.6	5.9

Fuente: Autor (2016)

Notas:DCA: Diseño completamente al azar simple

Cuadro 25. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable altura (cm) del tallo DCAB.

Variable: Altura brote.		Bloques			
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	I	II	III	IV
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	41.5	37.3	35.9	27.2
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	43.8	32.6	32.3	35.0
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	38.8	36.9	42.8	33.2
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	40.3	39.0	29.5	36.2
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	41.7	34.2	28.0	33.3
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	38.9	34.6	31.7	32.7

Fuente: Autor (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

Cuadro 26. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable altura (cm) del tallo DCA

Variable: Altura brote.		Bloques			
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	I	II	III	IV
T1	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B1, 8 días.	41.5	37.3	35.9	27.2
T2	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B2, 12 días.	43.8	32.6	32.3	35.0
T3	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B3, 16 días.	38.8	36.9	42.8	33.2
T4	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B1, 8 días.	40.3	39.0	29.5	36.2
T5	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B2, 12 días.	41.7	34.2	28.0	33.3
T6	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B3, 16 días.	38.9	34.6	31.7	32.7
T7	1 Gr/N,P (Testigo Relativo)	39.9	32.8	30.5	34.5
T8	Sin aplicación de fertilizante (Testigo absoluto)	36.6	44.7	35.3	37.0

Fuente: Autor (2016)

Notas:DCA: Diseño completamente al azar simple

Cuadro 27. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable raíces DCAB

Variable: Biomasa Radicular.		Bloques			
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	I	II	III	IV
T1	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B1, 8 días.	7.8	9.22	8.51	9.93
T2	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B2, 12 días.	15.61	18.44	17.03	19.86
T3	Factor A1, 1.13Grsk/Factor B3, 16 días.	21.85	17.17	22.63	16.39
T4	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B1, 8 días.	15.61	18.44	17.03	19.86
T5	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B2, 12 días.	12.89	14.76	13.62	15.89
T6	Factor A2, 2.25Grsk/Factor B3, 16 días.	19.86	15.61	20.57	14.90

Fuente: Autor (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

Cuadro 28. Tabla de Medias obtenidas durante la evaluación de la biomasa Radicular de los tratamientos de vinaza DCAB

Variable: Biomasa Radicular.		
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	Media
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	8.86
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	17.73
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	19.51
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	17.73
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	14.19
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	17.73

Fuente: Autor (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

Cuadro 29. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable radicular DCA

Variable: Biomasa Radicular.		Bloques			
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	I	II	III	IV
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	7.8	9.22	8.51	9.93
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	15.61	18.44	17.03	19.86
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	21.85	17.17	22.63	16.39
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	15.61	18.44	17.03	19.86
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	12.89	14.76	13.62	15.89
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	19.86	15.61	20.57	14.90
T7	1 Gr/N,P (Testigo Relativo)	12.49	14.76	13.62	15.89
T8	Sin aplicación de fertilizante (Testigo absoluto)	9.36	11.07	10.22	11.92

Fuente: Autor (2016)

Notas:DCA: Diseño completamente al azar simple

Cuadro 30. Tabla de Medias obtenidas durante la evaluación para realizar la prueba de media de Tukey al 0.01% de la biomasa radicular DCA

Variable: Biomasa Radicular.		
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	Media
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	8.86
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	17.73
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	19.51
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	17.73
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	14.19
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	17.73
T7	1 Gr/N,P (Testigo Relativo)	14.19
T8	Sin aplicación de fertilizante (Testigo absoluto)	10.64

Fuente: Autor (2016)

Notas:DCA: Diseño completamente al azar simple

Cuadro 31. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable biomasa foliar DCAB

Variable: Biomasa Foliar.		Bloques			
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	I	II	III	IV
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	6.24	7.38	6.81	7.95
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	10.92	12.91	11.92	13.90
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	11.92	9.36	12.34	8.94
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	7.80	9.22	8.51	9.93
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	7.80	9.22	8.51	9.93
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	5.96	4.68	6.17	4.47

Fuente: Autor (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

Cuadro 32. Tabla de Medias obtenidas durante la evaluación de la biomasa foliar DCAB

Variable: Biomasa Foliar.		
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	Media
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	7.09
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	12.41
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	10.63
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	8.86
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	8.86
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	5.32

Fuente: Autor (2016)

Notas: DCAB: Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial

Cuadro 33. Datos obtenidos durante la medición para realizar el cálculo de la variable foliar DCA

Variable: Biomasa foliar.		Bloques			
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	I	II	III	IV
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	6.24	7.38	6.81	7.95
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	10.92	12.91	11.92	13.90
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	11.92	9.36	12.34	8.94
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	7.80	9.22	8.51	9.93
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	7.80	9.22	8.51	9.93
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	5.96	4.68	6.17	4.47
T7	1 Gr/N,P (Testigo Relativo)	4.68	5.53	5.11	5.96
T8	Sin aplicación de fertilizante (Testigo absoluto)	7.80	9.22	8.51	9.93

Fuente: Autor (2016)

Notas:DCA: Diseño completamente al azar simple

Cuadro 34. Tabla de Medias obtenidas durante la evaluación para realizar la prueba de media de la biomasa foliar DCA

Variable: biomasa foliar.		
Tratamientos	Factor A concentraciones de potasio y factor B Frecuencias de aplicación.	Media
T1	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B1, 8 días.	7.09
T2	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B2, 12 días.	12.41
T3	Factor A1, 1.13GrsK/Factor B3, 16 días.	10.63
T4	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B1, 8 días.	8.86
T5	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B2, 12 días.	8.86
T6	Factor A2, 2.25GrsK/Factor B3, 16 días.	5.32
T7	1 Gr/N,P (Testigo Relativo)	5.32
T8	Sin aplicación de fertilizante (Testigo absoluto)	8.86

Fuente: Autor (2016)

Notas: DCA: Diseño completamente al azar simple

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA



Centro Universitario de Sur Occidente
CUNSUROC
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango, 10 de Agosto 2017.

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores que desempeña día con día.

El motivo de la presente es para informarle que he concluido con la revisión del trabajo de graduación por el estudiante T.P.A. BAYRON OMAR PEREZ GONZALEZ, carné 200740488; titulado: **“Evaluación de la vinaza como fertilizante en almácigo de hule (*Hevea brasiliensis*) en finca Tululá S.A. “San Andrés Villa Seca, Retalhuleu”**; el cual, cumple con los requisitos establecidos en el normativo respectivo.

Atentamente:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ph. D. Milton Leonel Chan Santisteban
Supervisor y Revisor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA



Centro Universitario de Sur Occidente
CUNSUROC
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango, 10 de Agosto 2017.

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

Respetable Director:

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias.

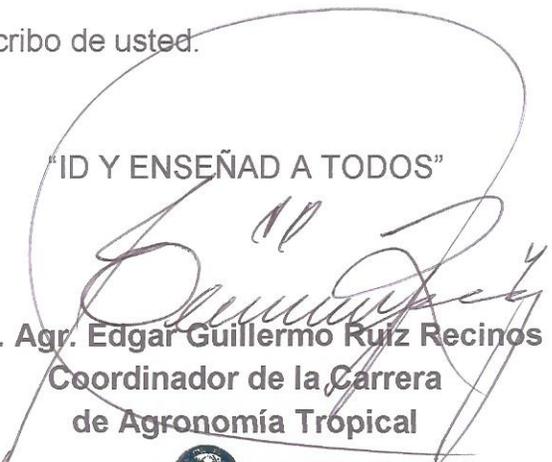
La presente es para informarle que he revisado el Informe Final de Investigación Inferencial, elaborado por el estudiante **T.P.A. BAYRON OMAR PEREZ GONZALEZ**, carné **200740488**; titulado: **“Evaluación de la vinaza como fertilizante en almácigo de hule (*Hevea brasiliensis*) en finca Tululá S.A. “San Andrés Villa Seca, Retalhuleu”**.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante Bayron Omar Perez Gonzalez, 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


AGRONOMÍA
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala



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

CUNSUROC/USAC-I-07-2017

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, once de octubre de dos mil diecisiete.-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: “EVALUACIÓN DE LA VINAZA COMO FERTILIZANTE EN ALMACIGO DE HULE (*Hevea brasiliensis*) EN FINCA TULULA S.A. SAN ANDRÉS VILLA SECA, RETALHULEU”, del estudiante: Bayron Omar Pérez González, carné 200740488 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Guillermo Vinicio Tello Cano", with a blue oval scribble underneath.

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director



/gris