

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO SUR OCCIDENTE
AGRONOMÍA TROPICAL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**Respuesta del crecimiento y rendimiento (Kg/ha) del cultivo, Zea mays L.
Poaceae “Maíz” con tres tipos de vinaza y su efecto en las propiedades
químicas del suelo.**

**Nelson Yovany Fernández Pelicó
200941556**

**Ing. Agr. MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales
Supervisor**

MAZATENANGO, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE

AUTORIDADES

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

CONSEJO DIRECTIVO DEL CUNSUROC

MSc. Mirna Nineth Hernández Palma	Directora Interina
-----------------------------------	--------------------

REPRESENTANTES DOCENTES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro	Secretario Interino
-------------------------------------	---------------------

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

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

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

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

AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales

Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edin Anibal Ortiz Lara

Coordinador Carrera de Pedagogía

Msc. Nery Edgar Saquimux Canastuj

Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos

Dr. Marco Antonio del Cid Flores

Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

MSc. Jorge Rubén Sosof Vásquez

Coordinador Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Msc. Celso González Morales

Coordinadora Carrera Licenciatura Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

Licda. Tania María Cabrera Ovalle

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC

Coordinadora Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

MSc. Paola Marisol Rabanales

Coordinadora Carrera de Pedagogía

Licda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE



Centro Universitario de Sur Occidente
CUNSUROC
Apartado Postal: 606
Mazatenango, Suchitepéquez



Mazatenango Suchitepéquez, abril de 2016.

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

Distinguidos integrantes del Consejo Directivo:

De conformidad a las normas establecidas del Centro Universitario de Sur Occidente y de la carrera de Agronomía Tropical, someto a su consideración el presente trabajo de graduación titulado: **Respuesta del crecimiento y rendimiento (Kg/ha) del cultivo, Zea mays L. Poaceae “Maíz” con tres tipos de vinaza y su efecto en las propiedades químicas del suelo.**

Requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de licenciado.

Sin nada más que agregar, me suscribo de ustedes.

Atentamente,

Nelson Yovany Fernández Pelicó
Carnet: 200941556

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por brindarme inteligencia y sabiduría para alcanzar esta meta y permitirme disfrutar de la felicidad, de todos mis seres queridos en este día.

A MIS PADRES: Porfirio Fernández Morales y Manuela Pelicó de Fernández, por su apoyo incomparable en todo momento.

MIS HERMANOS: Edwin Porfirio, Angélica María, Carlos Luis y Abelardo Fernández Pelicó, por brindarme su apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera.

A MIS AMIGOS EN GENERAL: Agradezco la motivación para esforzarme y alcanzar este triunfo.

A MIS COMPAÑEROS: Por compartir los momentos inolvidables durante la etapa de aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS: Por permitirme la vida al lado de mis seres queridos y poder cumplir con otra meta más.

MI ASESOR:

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales, por compartir su valioso conocimiento en el asesoramiento para poder realizar este documento.

LOS DOCENTES DE LA CARRERA AGRONOMÍA TROPICAL DEL CUNSUROC: Por impartir su conocimiento durante los seis años de mi carrera en la Universidad.

INGENIO TULULÁ: Por permitirme realizar mi EPS y apoyarme durante mi formación como profesional.

Los ingenieros:

Ing. Agr. Felipe Sandoval
Ing. Agr. Juan Luis Ajanel
Ing. Agr. Alexander Herrera
Ing. Agr. Florydalma Castillo

Agradecimiento especial a la Ing. Agr. Ana Karen Figueroa Barillas:
Por su apoyo incondicional, valiosa colaboración y confianza.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

Contenido	No. Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1. Marco conceptual	3
1.1 Vinaza	3
1.2 Composición química de la vinaza.....	3
1.3 Conductividad eléctrica.....	6
1.4 pH del suelo	7
1.5 Nutrientes esenciales para las plantas	8
1.6 Ley del mínimo.....	10
1.7 El cultivo de maíz Zea mays L. (Poaceae).....	10
1.7.1 Clasificación botánica del maíz.....	11
1.7.2 Fenología del cultivo de maíz.	11
1.7.3 El Maíz HB-83	14
1.7.4 Condiciones agroecológicas del cultivo	14
1.7.5 Labores culturales.....	15
2. Marco referencial	22
2.1 Lugar de realización del experimento	22
2.2 Croquis del lugar de realización del experimento	23
2.3 Condiciones climáticas y edáficas	24
2.4 Aplicación de fertilizantes químicos en el cultivo de maíz.....	26
III. OBJETIVOS.....	28
IV. HIPOTESIS.....	29
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
1. Lugar de realización del estudio	30
2. Material y equipo	30
3. Material experimental.....	31
4. Análisis estadístico	31
4.1 Diseño experimental	31
4.2 Tratamientos evaluados.....	32
4.3 Unidad experimental y aleatorización (croquis de campo).....	33
4.4 Análisis de variables evaluadas.....	35

4.5 Comparación múltiple de medias.....	41
5. Análisis de costos de los cinco tratamientos evaluados	41
6. Manejo del experimento.....	42
VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
VII. CONCLUSIONES	74
VIII. RECOMENDACIONES	75
IX. BIBLIOGRAFÍA	76
X. ANEXOS	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Composición química de la vinaza cruda	4
2. Composición química de la vinaza procesada	5
3. Contenido de nutrientes de la Vinaza fortificada	5
4. Valores de la conductividad eléctrica y efectos que ocasionan al suelo.....	6
5. Herbicidas químicos para el control de malezas en el cultivo de maíz.....	20
6. Cronograma de evaluación de las diferentes variables.....	37
7. Productos utilizados para el control de malezas en el experimento de maíz. .	43
8. Cantidad de nutrientes aplicados en Kg/ha, según el tratamiento aplicado. ...	48
9. Análisis de la varianza para los tratamientos evaluados.	63
10. Prueba de “Tukey” al 5% para los cinco tratamientos evaluados.....	64
11. Valores de CE y pH, en los cinco tratamientos evaluados.	67
12. Química del suelo antes y después de la aplicación de vinaza.....	68
13. Costos de producción del ensayo de maíz.....	71
14. Comparación de costos de los cinco tratamientos evaluados	72
15. Rendimiento de maíz <i>Zea mays</i> en Kg/ha e interpolación a qq/ha.	80
16. Datos de campo e interpolación a Kilogramos y quintales por hectárea.	80
17. Costos de producción por hectárea utilizando fertilización convencional	81
18. Costos por hectárea para la fertilización con vinaza cruda.	82
19. Costos por hectárea/fertilización con vinaza fortificada.....	83
20. Costos por hectárea/fertilización Programada.....	84
21. Programa de la fertilización de los diferentes tratamientos evaluados.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Disponibilidad de nutrientes según el valor del pH del suelo.....	8
2. Nutrientes esenciales, indispensables para el desarrollo de las plantas.	9
3. Ley del mínimo, nutrientes que limitan la producción de las plantas	10
4. Ubicación geográfica del de ensayo de maíz.	23
5. Variables climáticas HR %, T °C y pp mm, mayo-agosto, 2015.	25
6. Denominación y descripción de los tratamientos evaluados.	32
7. Diseño y medidas de los surcos utilizados para el experimento.	33
8. Aleatorización de los tratamientos.....	34
9. Croquis de campo	34
10. Identificación de plántulas definidas para realizar mediciones.	36
11. Medición de altura en T3 (a) y diferencia de altura entre T3 y T4 (b).	37
12. Medición de pH y conductividad eléctrica, en el laboratorio del CUNSUROC.	40
13. Elaboración de surcos (a) y colocación de nylon dentro de los surcos (b).	42
14. Materiales utilizados (a) y aplicación vinaza al fondo del agujero (b).	44
15. Siembra de maíz en el tratamiento uno (a) y el tratamiento cuatro (b).	45
16. Fertilización al voleo (a) y fertilización incorporada al suelo (b).	46
17. Aspecto del experimento después de realizar el control de malezas.	49
18. Aporque o calzado de las plantas de maíz, 25 dds.	50
19. Aplicación de riego por gravedad, al cultivo de maíz, 48 dds.	51
20. Daño causada por las pericas (a) y colocación de trampas (b).	52
21. Realizando la dobla (a) y la panorámica 15 días después (b).	53
22. Cosecha manual del tratamiento dos (a) y el tratamiento tres (b), 125 dds.	54
23. Desgranado manual del maíz, en los diferentes tratamientos evaluados.	55
24. Secado al sol del grano de maíz, en los cinco tratamientos evaluados.	56
25. Crecimiento de las plántulas de maíz, en los cinco tratamientos evaluados.	57
26. Diámetro de las plántulas de maíz, en cinco tratamientos evaluados.	58
27. Número de hojas por planta, en los cinco tratamientos evaluados.	60
28. Ancho de las hojas de maíz, en cinco tratamientos evaluados.	61
29. Longitud hojas, de los cinco tratamientos evaluados.	62
30. Rendimiento del grano de maíz seco en Kg/ha, de los cinco tratamientos.	65
31. Aspecto de los cinco tratamientos, 40 días después de la siembra.	86

GLOSARIO

Abreviaturas	Descripción
dds	días después de la siembra
vc	vinaza cruda
vp	vinaza procesada
vf	vinaza fortificada
M.O	materia orgánica
pH	potencial de hidrógeno
CE	conductividad eléctrica
Kg/ha	kilogramos por hectárea
HR	humedad relativa
pp mm	precipitación pluvial expresada en milímetros
T °C	Temperatura en grados centígrados
CIC	capacidad de intercambio catiónico
DBQ	demanda bioquímica de oxígeno
DBO	demanda química de oxígeno

RESUMEN

El ejercicio profesional supervisado (EPS), fue desarrollado en el Ingenio Tululá, que se dedica a la producción de caña de azúcar *Saccharum officinarum* y hule *Hevea brasiliensis*; del cultivo de la caña de azúcar. El 30 % se utiliza para extraer mieles vírgenes para la elaboración de rones y el 70 % para la producción de azúcar.

Del proceso de extracción de materia prima para la elaboración de rones en el Ingenio Tululá, se genera como subproducto, vinaza; la cual se producen $4.23 \times 10^5 \text{ m}^3$ al año, (Velásquez, 2014). Esta cantidad representa un exceso o sobreproducción, debido a que las aplicaciones que se realizan a los cañales en fincas propias que corresponden a la zona interna del Ingenio Tululá son mucho menores, $140 \text{ m}^3/\text{ha}$ en riego por aspersión.

La producción de vinaza en la agroindustria Guatemalteca ha tomado auge, debido a que existen algunos Ingenios que producen materia prima para la elaboración de bebidas alcohólicas, de la cual se genera como subproducto, vinaza, entre ellos destacan: Ingenio Tululá, Ingenio Palo Gordo e Ingenio Magdalena; la aplicación de vinaza al cultivo de caña de azúcar, ya no es suficiente para erradicar la cantidad que se genera actualmente, por lo tanto las empresas están buscando alternativas de uso en otros cultivos, en este caso se utilizó el maíz.

Para la evaluación de tres tipos de vinaza que se consideraron como una fuente de nutrientes para el cultivo de *Zea mays* “maíz” comparado con dos tratamientos químicos, se utilizó un diseño completamente al azar, evaluando cinco tratamientos y cuatro repeticiones, el experimento estuvo situado dentro de las instalaciones del Ingenio Tululá, en suelo andisol con un área bruta de 975 m^2 , en los meses de mayo-agosto de 2015.

La aplicación de nutrientes en los cinco tratamientos se realizó en dos ocasiones; para los tres tratamientos con vinaza, las aplicaciones fueron; una antes de la siembra y la otra a los 45 dds, el tratamiento cuatro, fertilización convencional que realiza el agricultor y el tratamiento cinco, programa de fertilización técnico, se aplicaron a los 14 y 45 dds.

La dosis aplicada en el programa de nutrición técnico (T5) fue de 140, 31, 27.27 Kg/ha de N-P-K más micronutrientes. El tratamiento que utiliza el agricultor (T4) se aplicó 80, 10, 10. Kg/ha de N-P-K. En el tratamiento con vinaza fortificada (T3) se aportaron 23.3, 10, 38, 23 + 5.6 + 26.7, Kg/ha de N-P-K+ Ca + Mg + Aminoácidos. Con el tratamiento dos vinaza procesada (T2) se aplicó 0.5, 0.5, 38, 2.1 y 5.6 Kg/ha de N-P-K-Ca-Mg. Con vinaza cruda (T1) se aplicaron 1.9-0.8-43-5.6-5.9 Kg/ha de N-P-K-Ca-Mg.

Los rendimientos obtenidos fueron: T1 vinaza cruda 2,846.50 Kg/ha, T2 vinaza procesada 3,058 Kg/ha, T3 vinaza fortificada 2,551.5 Kg/ha. De los tratamientos con fertilizante químico se obtuvieron los siguientes resultados: T4 fertilización convencional 3,763.50 Kg/ha, T5 programa de fertilización 4,938.50 Kg/ha. Estadísticamente estos rendimientos son menores a lo que reporta González, (2015), donde indica que el potencial para el híbrido de maíz HB-83 puede ser de 5,454 Kg/ha.

Después de las aplicaciones de vinaza, el suelo no presentó cambios en la conductividad eléctrica, pero si en el pH, que se redujo de 6.3 hasta 5.74, en los tres tratamientos donde se aplicó vinaza. Los elementos que se incrementaron, se puede mencionar al P K Ca, Mg, y Na; en el caso del potasio se incrementó de 0.49 a 1.23 meq/100 g de suelo. El contenido de fósforo disminuyó de 5.55 a 0.20 ppm, estos valores indican que probablemente hubo buena absorción de fósforo por parte de la planta, o pudiera ser que se haya transformado en otro compuesto dentro de la solución del suelo.

ABSTRACT

Supervised practice (EPS), was developed in the Tululá Ingenio, dedicated to the production of sugar cane *Saccharum officinarum* *Hevea brasiliensis* and rubber; the cultivation of sugar cane. 30% is used to extract virgin honey for the production of rums and 70% for sugar production

The process of extraction of raw materials for the production of rums in Ingenio Tululá, is generated as a byproduct, vinasse; which 4.23E5 m³ produced annually, (Velásquez, 2014). This amount represents an excess or overproduction, because the applications made to own farms channels corresponding to the inner zone of Ingenio Tululá are much smaller, 140 m³/ ha in sprinkler irrigation.

The production of vinasse in the Guatemalan agribusiness has flourished, because there are some mills that produce raw material for the production of alcoholic beverages, which is generated as a byproduct, vinasse, among them are: Ingenio Tululá, Ingenio Palo Gordo and Ingenio Magdalena; the application of vinasse to the cultivation of sugar cane, is not enough to eradicate the amount currently generated, so companies are looking for alternative use in other crops, in this case corn was used.

was used for the evaluation of three types of vinasse, which was considered as a source of nutrients for the cultivation of *Zea mays* "corn" compared with two chemical treatments, a completely randomized design, evaluating five treatments and four repetitions, the experiment was located within the premises of Ingenio Tululá in andisol a gross area of 975 m², in the months of May to August 2015.

The application of nutrients in the five treatments performed twice; for three treatments with vinasse, applications were; one before sowing and the other at 45 dds treatment four conventional fertilization, carried out by the farmer and treatment five technical fertilization program were applied at 14 and 45 dds.

The dose applied in the technical nutrition program (T5) was 140, 31, 27.27 kg / ha of N-P-K plus micronutrients. The treatment using the farmer (T4) was applied 80, 10, 10 kg / ha N-P-K. In fortified vinasse treatment (T3) were contributed 23.3, 10, 38, 23 and 26.7 + 5.6, kg / ha of N-P-K + Ca + Mg + Amino Acids. With two processed vinasse treatment (T2) was applied 0.5, 0.5, 38, 2.1 and 5.6 kg / ha of N-P-K-Ca-Mg. Raw vinasse (T1) 1.9-0.8-43-5.6-5.9 Kg / ha of applied N-P-K-Ca-Mg.

The yields obtained were: T1 raw vinasse 2846.50 Kg / ha, vinasse T2 processed 3,058 kg / ha, vinasse fortified T3 2551.5 Kg / ha. T4 conventional fertilization 3763.50 Kg / ha, T5 fertilization program 4938.50 Kg / ha: treatments with chemical fertilizer the following results were obtained. Statistically these yields are lower than reporting González (2015), which indicates that the potential for hybrid corn HB-83 can be 5,454 kg / ha.

After application of vinasse, the ground did not show changes in electrical conductivity, but if the pH, which decreased from 6.3 to 5.74 in the three treatments where vinasse was applied. The elements increased, one can mention the P K Ca, Mg, and Na; in the case of potassium it increased from 0.49 to 1.23 meq / 100 g of soil. The phosphorus content decreased to 0.20 5.55 ppm, these values indicate that probably there was good uptake of phosphorus by the plant, or could be transformed has been another compound within the soil solution.

I. INTRODUCCIÓN

La problemática del estudio surge a raíz de que existe una producción de 1,410 m³ de vinaza al día, en promedio anual suma un total de 4.23E⁵ m³ que genera el Ingenio Tululá, como subproducto de la materia prima que se utiliza para la elaboración de rones, durante 10 meses al año.

Según Rojas *et al.*, (2008), la vinaza es un material líquido resultante de la elaboración de etanol, producto de destilación de la melaza fermentada o de la fermentación directa de los jugos de la caña. La vinaza está compuesta por materiales orgánicos y elementos minerales que hacen parte de compuestos y constituyentes vegetales como aminoácidos, proteínas, lípidos, ácidos diversos, enzimas, bases, ácidos nucleicos; todos estos elementos lo hacen atractivo por su alto contenido nutricional para la producción agrícola.

Sandoval, (2015), indica que actualmente en el Ingenio Tululá se riegan 1,814 ha cultivadas con caña de azúcar *Saccharum officinarum*, donde se aplican 140 m³/ha, en una sola aplicación durante todo el ciclo del cultivo; estos valores indican que existe un 40% de sobreproducción de vinaza, lo cual representa un problema para la empresa ya que es un volumen muy difícil de manejar; por lo tanto las autoridades del Ingenio Tululá mostraron su interés en investigar si la vinaza podría ser utilizada como fuente de nutrientes para el cultivo de maíz.

En la presente investigación se evaluaron tres tipos de vinaza: vinaza cruda, vinaza procesada y vinaza fortificada; también se tuvo un testigo relativo el cual es la técnica tradicional que utiliza el agricultor en la región, asimismo se elaboró un programa de nutrición, con el objetivo de determinar cuál de los tres tipos de vinaza pudiera incrementar la producción de maíz en comparación con el tratamiento convencional y el programa de nutrición que fue elaborado de acuerdo a un análisis de suelo previo y de los requerimientos del híbrido blanco HB-83.

Las variables evaluadas fueron: el crecimiento de las plantas de maíz, el rendimiento en kilogramos de maíz seco por hectárea y el efecto de la vinaza en las propiedades químicas del suelo.

Para evaluar el crecimiento, se realizó un muestreo una vez por semana durante seis semanas a partir de los 15 dds, se muestrearon diez plantas por cada parcela, en total fueron 40 plantas por tratamiento. Para determinar el rendimiento se cosecharon todos los tratamientos y se desgranaron las mazorcas para cuantificar el peso por tratamiento. En la evaluación del efecto de la vinaza en el suelo, se realizaron dos muestreos, uno antes de la siembra y ocho días después de la cosecha.

Los resultados obtenidos indican que el mayor crecimiento de biomasa verde fue producido por la vinaza fortificada. Pero el aporte que realizan los tres tipos de vinaza no es suficiente para cubrir la demanda nutricional del maíz, por lo que el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de un programa de fertilización (T5) produciendo 4957 kilogramos de maíz seco por hectárea.

El rendimiento obtenido es mayor a 4130 kilogramos que produce en promedio el agricultor utilizando la técnica tradicional de la región, pero es menor al rendimiento que menciona González, (2015), el cual oscila entre 5,000 a 5,454 Kg de grano de maíz seco por hectárea.

En las aplicaciones con vinaza, no se obtuvieron cambios significativos en la conductividad eléctrica, mientras que el pH se redujo de 6.6 hasta un mínimo de 5.74 en los tres tratamientos donde se aplicó vinaza, la materia orgánica se incrementó de 5.9 a 7.31% donde se aplicó vinaza procesada, de las bases intercambiables el potasio K se incrementó de 0.49 a 1.28 meq/100 g suelo cuando se aplicó vinaza procesada.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Marco conceptual

1.1 Vinaza

Según Alvarado y Rojas, (2008), la vinaza es un material líquido resultante de la elaboración de etanol, producto de destilación de la melaza fermentada o de la fermentación directa de los jugos de la caña, la vinaza está compuesta por materiales orgánicos y elementos minerales que hacen parte de compuestos y constituyentes vegetales como aminoácidos, proteínas, lípidos, ácidos diversos, enzimas, bases, ácidos nucleicos, y otros elementos.

Según Bautista, et al. (2000), las vinazas son aguas residuales generadas en los ingenios que más contaminan, debido a la carga orgánica, medida como demanda química de oxígeno soluble (DQO), es de 150 g L^{-1} . Esta carga orgánica puede ocasionar problemas de eutroficiación en los cuerpos de agua.

En algunos Ingenios las vinazas son vertidas a los ríos y/o a la red de drenaje para su posterior utilización como agua de riego para el cultivo de la caña de azúcar. Ante esta situación legal, la opción es el tratamiento de la vinaza in situ para su posterior aplicación al suelo. (Bautista et al. 2000).

1.2 Composición química de la vinaza

Según Alvarado y Rojas, (2008), los constituyentes principales son los siguientes:

- Sustancias inorgánicas solubles en las cuales predominan los iones K, Ca y SO_4 .
- Células muertas de levadura.

- Sustancias orgánicas resultantes de los procesos metabólicos de levaduras y microorganismos contaminantes.
- Alcohol y azúcar residual.
- Sustancias orgánicas insolubles.
- Sustancias orgánicas volátiles.

Cuadro 1. Composición química de la vinaza cruda

Análisis del contenido de la vinaza de melaza	Valores	Dimensionales
Temperatura	26.4	°C
Ph	4.13	Unidades de pH
DBQ	110400.0	mg O ₂ /l
DBO	60000.0	mg O ₂ /l
Nitrógeno	580.0	mg N/l
Fosforo	240.0	mg P/l
Sulfatos	7800.0	mg SO ₄ /l
Sulfitos	4600.0	mg SO ₃ /l
Cloruros	11100.0	mg Cl/l
Oxígeno disuelto	0.31	mg O ₂ /l
Sólidos totales	70240.0	mg/l
Sólidos suspendidos	14900.0	mg/l
Sólidos sedimentables	24.0	mg/L/Hr
Potasio	12900.0	mg K/l
Calcio	1680.0	mg Ca/l
Magnesio	1780.0	mg Mg/l

Fuente: Laboratorio de Ambiente, destiladora de rones y alcoholes, Ingenio Tululá, (2015).

En el cuadro uno se presenta el contenido de los diferentes elementos de la vinaza cruda (vc), se puede observar que contiene un total de 12900 mg de potasio/litro; además el valor de pH es de 4.13 el cual se interpreta como pH ácido.

La principal diferencia que existe entre la vinaza cruda y vinaza procesada que se produce en el Ingenio Tululá es el valor del pH, que se modifica cuando pasa por un biodigestor de gases, que le modifica el color y el olor; en la vinaza cruda el pH es ácido de color café claro y en la vinaza procesada el pH es alcalino y el color es más oscuro y de olor desagradable.

Cuadro 2. Composición química de la vinaza procesada

Análisis del contenido de la vinaza de melaza	Valores	Dimensionales
Temperatura	23.0	°C
Ph	7.85	Unidades de pH
DBQ	42500.0	mg O ₂ /l
DBO	22000.0	O ₂ /l
Nitrógeno	140.0	mg N/l
Fosforo	140.0	mg P/l
Sulfatos	2100.0	mg SO ₄ /l
Sulfitos	960.0	mg SO ₃ /l
Cloruros	7900.0	mg Cl/l
Oxígeno disuelto	0.17	mg O ₂ /l
Sólidos totales	26340.0	mg/l
Sólidos suspendidos	10600.0	mg/l
Sólidos sedimentables	35.0	mg/L/Hr
Potasio	11500.0	mg K/l
Calcio	620.0	mg Ca/l
Magnesio	1680.0	mg Mg/l

Fuente: Laboratorio de ambiente, Destiladora de rones y alcoholes, (2015).

En el cuadro dos, se describe el contenido de nutrientes de la vinaza procesada (vp), la cual pasa a través de una planta biodigestora de gases que extrae (CO₂) la cual le cambia por completo el potencial de hidrógeno pH, el cual es de 7.85, se considera como alcalino, el aporte de potasio es de 11500 mg/l.

Cuadro 3. Contenido de nutrientes de la Vinaza fortificada

Contenido	Proporción
Nitrógeno N	7.0 %
Fósforo P ₂ O ₅	3.0 %
Potasio K ₂ O	8.0 %
Calcio CaO	7.0%
Aminoácidos	8.0 %

Fuente: Agrotecnología Orgánica S.A., (2015).

En el cuadro tres se puede observar el contenido de nutrientes de la vinaza fortificada: 7% de nitrógeno, 3% de fósforo, 8% de potasio y aminoácidos, que se obtuvo a través de la casa comercial “Agrotecnología orgánica S.A.”, con el objetivo de buscar una alternativa de uso de la vinaza que genera el Ingenio Tululá, bajo un acuerdo; el Ingenio le brindaría la materia prima a la casa comercial, para agregarle aminoácidos y comercializarla a los agricultores de la región a bajo costo, si se obtuvieran buenos resultados.

1.3 Conductividad eléctrica

Según Pérez, (2015), la conductividad eléctrica de una solución es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en esa solución.

Por tanto, el contenido salino de una solución se conoce midiendo la conductividad eléctrica de la solución, mediante la fórmula:

$$ST = 0,64 \cdot CE$$

CE = Conductividad eléctrica.

Se expresa en:

deciSiemens / metro (dS/m)

milimhos / centímetro (mmho/cm)

dS/m = 1 mmho/cm

ST = Contenido total de sales. Se expresa en: gramos/litro de disolución (g/l).

Cuadro 4. Valores de la conductividad eléctrica y efectos que ocasionan al suelo.

CE en dS/m a 25 °C	Efectos
0-2 No Salino	Despreciable en su mayoría
2-4 Ligeramente Salinos	Se restringen los rendimientos de cultivos muy sensibles
4-8 Moderadamente salinos	Disminuyen los rendimientos de la mayoría de cultivos. Entre los que toleran están: alfalfa, remolacha, cereales y los sorgos para grano.
8-16 Fuertemente Salinos	Solo dan rendimientos satisfactorios los cultivos tolerantes
>16 Muy fuertemente salinos	Solo dan rendimientos satisfactorios algunos cultivos tolerantes.

Fuente: Meruane, (2005).

En el cuadro número cuatro se presentan los valores de la conductividad eléctrica y los efectos que producen a las plantas.

De acuerdo con Meruane, (2005), el análisis de la CE en suelos se hace para establecer si las sales solubles se encuentran en cantidades suficientes como para afectar la germinación normal de las semillas, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua por parte de las mismas.

1.4 pH del suelo

El pH es la concentración logarítmica de la concentración de iones H^+ . Stauder, (2010).

Acidez y alcalinidad

Según Stauder, (2010), la acidez o alcalinidad de un suelo representan la concentración de iones hidrógeno (H^+) e iones hidroxilo (OH^-) presentes en una solución y se determina midiendo el pH, a pH 7.0 existe una igual concentración de iones H^+ y OH^- y por lo tanto el pH es neutro, una solución con pH menor de 7.0 es ácida y por arriba de 7.0 es alcalina.

Un suelo es ácido cuando el pH es < 5.5 y alcalino cuando es > 7.3 . Se considera que el pH óptimo del suelo para el desarrollo de las plantas está entre 5.8 y 6.8. En este rango de pH están disponibles la mayoría de nutrientes para las plantas. (Stauder, 2010).

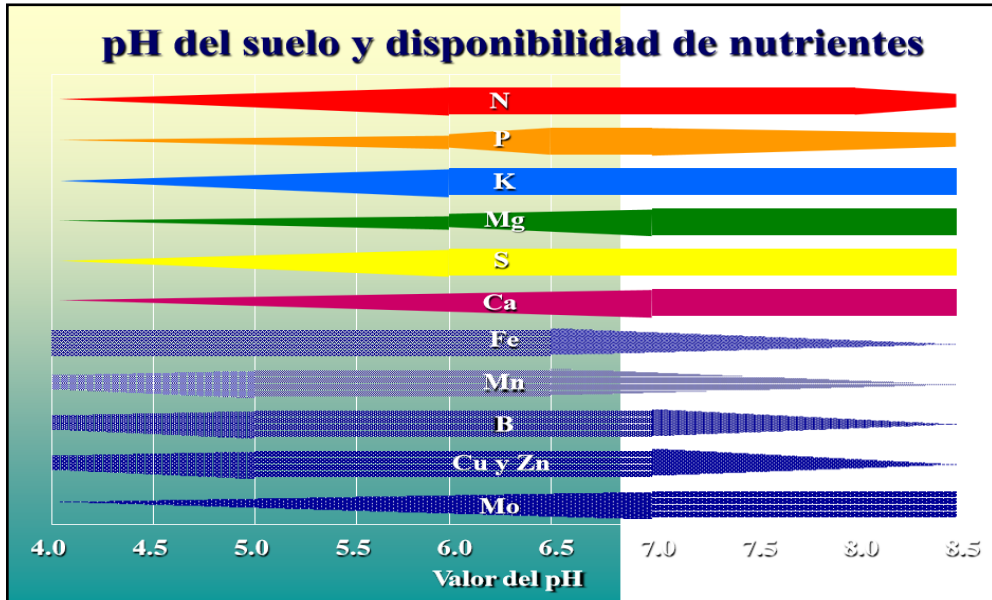


Figura 1. Disponibilidad de nutrientes según el valor del pH del suelo.

Fuente: Troug, (1951), citado por Pérez, (2015).

En la figura uno se puede observar como el valor del pH afecta la disponibilidad de nutrientes, a menor pH, existe mayor disponibilidad de elementos menores como el Fe, Mn, B, Cu y Zn. Cuando el pH es más cercano a 7.0 existe mayor disponibilidad de los elementos mayores, Nitrógeno, Fósforo, potasio Calcio y Magnesio.

1.5 Nutrientes esenciales para las plantas

Según Pérez, (2015), Existen 13 nutrientes esenciales e indispensables para el desarrollo de las plantas, a continuación se presenta una figura ilustrativa de la clasificación de los nutrientes.

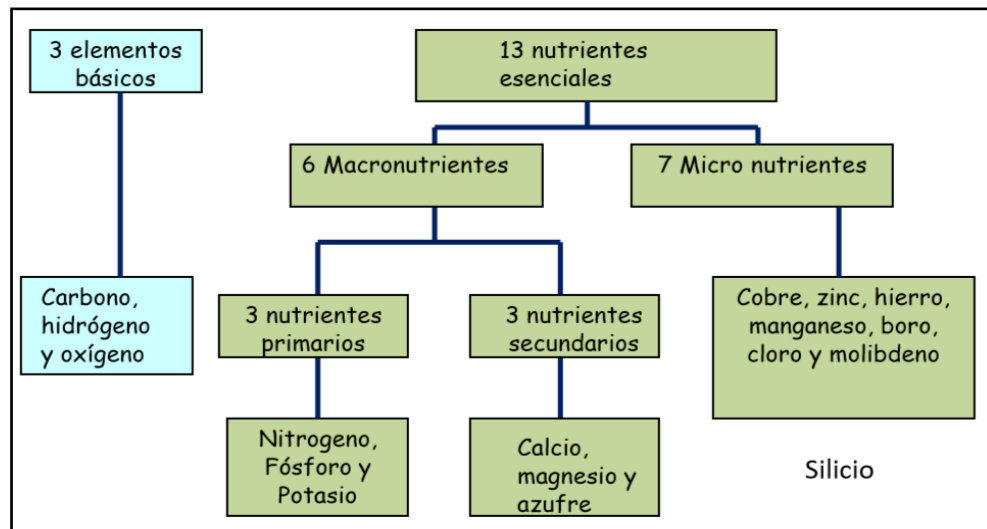


Figura 2. Nutrientes esenciales, indispensables para el desarrollo de las plantas.

Fuente: Modificada por Pérez, (2015).

En la figura dos se pueden observar los elementos esenciales para las plantas, en donde se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, además se menciona elementos que se obtienen del agua y del aire, tales como: Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, además se hace referencia al silicio, otro micronutriente, que según Pérez, (2015), forma parte importante en la nutrición de las plantas.

1.6 Ley del mínimo

Von Liebig:

Ley del mínimo

El crecimiento de la planta llega hasta el Límite impuesto por el factor que está en Menor disponibilidad

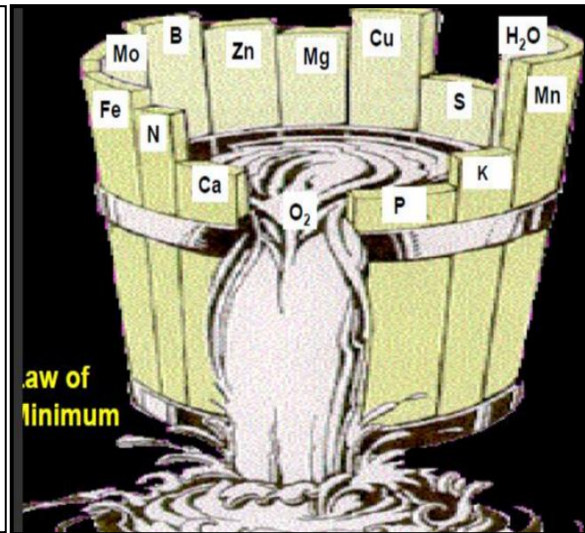


Figura 3. Ley del mínimo, nutrientes que limitan la producción de las plantas
Fuente: Modificada por el autor, (2015).

En la figura tres se observa un barril en el cual se explica el comportamiento de los nutrientes en la solución del suelo, la figura indica que debe existir un balance de todos los nutrientes para lograr un buen rendimiento de lo contrario, el potencial del rendimiento puede desaparecer.

Según Pérez, (2015), generalmente el elemento que se encuentra en menor cantidad, define el crecimiento y desarrollo de las plantas.

1.7 El cultivo de maíz *Zea mays* L. (Poaceae)

Según Fuentes, et al. (2005), citado por Javier, (2011), el maíz forma la base de la dieta en Guatemala, especialmente para la población pobre. También es un cultivo que socioculturalmente ocupa un lugar importante en la sociedad guatemalteca. Dada esta doble importancia, el maíz debe recibir especial atención en la lucha contra el hambre.

El maíz *Zea mays* L. pertenece a la familia de las gramíneas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros Zea, cuya importancia reside en su relación fitogenética. (Fuentes, et al. 2003).

1.7.1 Clasificación botánica del maíz

Según Cronquist, (1981), citado por Javier, (2011). La clasificación botánica del maíz es la siguiente:

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida

SUBCLASE: Commelinidae

ORDEN: Cyperales

FAMILIA: Poaceae

GENERO: *Zea*

ESPECIE: *Zea mays* L.

1.7.2 Fenología del cultivo de maíz.

La etapa fenológica del cultivo de maíz está dividida en nueve estadios, de acuerdo a la diferenciación de órganos que ocurren conforme transcurre el tiempo, desde la siembra hasta llegar a la senescencia de la plántula. (tecnicoagricola.es, 2015).

Estadio 0. (Germinación)

Días	Descripción
00	Semilla seca
01	Comienza la inhibición de la semilla
03	Inhibición completa de la semilla
05	Radícula (raíz embrional), emergencia de la semilla.
07	Coleóptilo, emergido de la semilla
09	Emergencia: el coleóptilo atraviesa la superficie del suelo (se abren grietecitas en la superficie)

Estadio 1 y 2. Desarrollo de las hojas (tallo principal)^{1, 2}

Días	Descripción
10	1a hoja, a través del coleóptilo
11	1a hoja, desplegada
12	2 hojas, desplegadas
13	3 hojas, desplegadas
1....	Los estadios continúan hasta....
19	9 o más hojas desplegadas

Estadio 3 y 4. Crecimiento longitudinal del tallo principal^{3,4}

Días	Descripción
30	Comienzo del alargamiento de la caña
31	Primer nudo, detectable
32	2 nudos, detectables
33	3 nudos detectables
3.	Los estadios continúan hasta.
39	9 o más nudos detectables
3...	

Estadio 5. Aparición del órgano floral (tallo principal)

Días	Descripción
51	Comienzo de la salida del penacho: el penacho es detectable en lo alto de la caña
53	Visible el extremo del penacho
55	Mitad de emergencia del penacho: la mitad del penacho empieza a separarse
59	Fin de la emergencia del penacho: penacho, completamente fuera y separado

Estadio 6. Floración (tallo principal)

Días	Descripción
61	(M) Estambres de la parte central del penacho, visibles (F) Punta de la mazorca, saliendo de la vaina foliar
63	(M) Comienza a desprenderse el polen (F) Punta de los estigmas visibles.
65	(M) Floración finalizada (F) Los estigmas secándose
67	(M) Estambres de la parte central del penacho, visibles (F) Punta de la mazorca, saliendo de la vaina foliar
69	Fin de la floración: estigmas, completamente secos

Estadio principal 7. Formación del fruto

Días	Descripción
71	Comienzo del desarrollo del grano, granos, en el estadio de ampollitas, alrededor del 16 % de materia seca.
73	Lechoso temprano
75	Granos de la mitad de la mazorca, blanco-amarillentos, contenido lechoso alrededor del 40% de materia seca
79	Casi todos los granos han alcanzado su tamaño final

Estadio 8. Maduración de frutos y semillas

Días	Descripción
83	Pastosa temprano: el contenido de los granos, blando; alrededor de 45 % de materia seca
85	Estadio pastoso (Madurez de silaje), los granos amarillentos a amarillo (según la variedad); cerca del 55% de materia seca
87	Madurez fisiológica: puntos o rayas negras, visibles en la base de los granos, cerca del 60% de materia seca
89	Madurez completa: granos duros y brillantes, cerca de 65% de materia seca.

Estadio 9. Senescencia

Días	Descripción
97	Planta totalmente muerta, tallos se quiebran
99	Partes cosechadas.

De acuerdo con la literatura, los estadios uno y dos de la etapa fenológica del maíz, se da el desarrollo de las hojas en el tallo principal. 15 dds las plantas tienen 5 hojas verdaderas.

Ángel, et al, (2010), en un ensayo realizado con vinaza, recomienda la primera aplicación de fertilizante, 15 dds. asimismo hace referencia a una segunda aplicación de fertilizante antes de la floración, lo cual ocurre a los 45 días después de la siembra, según lo indica la etapa fenológica del maíz.

1.7.3 El Maíz HB-83

Según Cruz, (2003), el maíz HB-83 es un híbrido doble de grano blanco, cuya altura de planta y la posición de la mazorca es en promedio de 2.30 y 1.25 metros, respectivamente. El grano es de textura semidentada, por la buena posición de la mazorca y desarrollo radicular posibilita ser menos afectada por fuertes vientos que causan el acame de plantas.

Las plantas se pueden doblar a los 90 días y cosechar a los 120 días. El rendimiento comercial promedio es de 70 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Bajo condiciones de riego y buen manejo agronómico, este híbrido puede tener potencial de producción hasta de 100 quintales por manzana.

1.7.4 Condiciones agroecológicas del cultivo

- **Requerimientos de suelo**

El cultivo de maíz se desarrolla bajo diferentes condiciones de suelo, sin embargo, las mejores condiciones se pueden encontrar en suelos que presenten buenas condiciones tales como textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua. El maíz se puede cultivar con buenos resultados en suelos que presenten pH de 5.5 a 8, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (pH entre 6 y 7), (Fuentes, 2003).

- **Influencia del fotoperiodo en el maíz**

El maíz es una planta determinada cuantitativa de días cortos. Esto significa que el progreso hacia floración se retrasa progresivamente a medida que el fotoperiodo excede de un valor mínimo.

En general, para la mayoría de germoplasma de maíz tropical el fotoperiodo crítico oscila entre 11 y 14 horas y en promedio 13.5 horas. (Bolaños y Edmeades, 1993, citado por Fuentes, 2003).

Clima: El maíz requiere una temperatura de entre 24.4 a 35.6°C., siendo una media de 32°C la temperatura ideal para lograr una óptima producción. La temperatura debe estar entre los 15 a 27° C. para que se produzca la germinación en la semilla. Puede soportar una temperatura mínima de 8° C y máximas de 39°C, pero a partir de los 40°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes y una baja polinización, (Cruz, 2003).

Según Cruz, (2003), en el período de fructificación la planta requiere temperaturas de 20 a 32° C. El clima ideal para el maíz, es un ambiente con días soleados, noches frescas, temperaturas y vientos moderados.

Agua: El agua en forma de lluvia es necesaria y benéfica ya que en ciertas ocasiones existe un control de plagas en forma natural, sobre todo cuando la planta está en el período de crecimiento. Una variedad tropical de maíz con un ciclo de cultivo de 120 días, requiere aproximadamente de 600 a 700 mm de agua durante su ciclo vegetativo. (Cruz, 2003).

1.7.5 Labores culturales

Preparación del terreno

Según Cruz, (2003), la preparación del suelo depende del sistema o tipo de producción utilizado por el productor. La cual es influenciada por factores como la precipitación, tipo de suelo y condición económica del productor.

Según Fuentes, (2003), existen dos técnicas de preparación del terreno; labranza convencional y labranza de conservación. Cualquiera de los dos sistemas es aceptable para el establecimiento del cultivo de maíz.

Época de Siembra

Para la zona del Trópico bajo del país, se marcan dos épocas de siembra. La de primera, que se realiza durante mayo a junio que constituye la principal época de siembra y la de segunda en septiembre. (Fuentes, 2003).

Desinfección de la semilla

Debido a problemas de plagas en el suelo que afectan el comportamiento de la germinación, se recomienda aplicar producto químico insecticida que posibilita proteger la semilla a partir del momento de la siembra y 10-15 días posteriores. A nivel comercial existen diferentes opciones tales como: Semevin 35 sc, (i.a) Thiodicarb 20-30 ml/Kg de semilla, Blindage "Imidacloprid, (i.a) Triodicarb 6-10 ml/Kg de semilla. (Fuentes, 2003).

Distanciamiento de siembra

Según Fuentes, (2003), para siembras manuales, las distancias recomendadas son de 75 a 80 centímetros (cm.) entre surcos y 40-50 centímetros por postura, colocado dos y tres granos por postura en forma alterna.

Requerimientos nutrimentales del cultivo de maíz.

Según Fuentes, (2003), los requerimientos nutricionales del cultivo de maíz son: 181.81, 68.18 y 194.80 Kg puros/ha de Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente.

Un déficit de nitrógeno N puede afectar a la calidad del cultivo. El fósforo da vigor a las raíces, su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.

La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.

Según fertilizer, (2015), para lograr una producción de 9.5 toneladas por hectárea se necesitan; 191 Kg/ha de nitrógeno, 89 Kg/ha fósforo, 235 Kg/ha de potasio, 57 Kg/ha calcio y 73 Kg/ha de magnesio.

De acuerdo con los diferentes autores, la cantidad de nutrientes a aplicarse está en función de la producción que se pretenda alcanzar, aunque se debe considerar que cada una de las dosis recomendadas ha sido determinada mediante experimentación en diferentes localidades. Lo más importante es mencionar que las condiciones ambientales son variables en el tiempo, por lo tanto es probable que se pueda alcanzar o no la producción que indica la literatura.

Funciones de los nutrientes macronutrientes N-P-K-S

Nitrógeno (N)

El maíz absorbe la mayor parte del nitrógeno en forma nítrica (NO_3), si bien, cuando la planta es joven las raíces pueden tomar del suelo más rápidamente las formas amoniacales. Inicialmente la absorción del N por parte de las plantas se realiza de a un ritmo lento, pero cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de N crece rápidamente.

Las deficiencias de este elemento se observan inicialmente como una clorosis marcada en las hojas más viejas de la planta y que se encuentran ubicadas debajo de la mazorca principal, si la deficiencia es severa las mismas llegan a secarse prematuramente. (Javier, 2011).

Fósforo (P)

La cantidad de fósforo presente en las plantas vivas es aproximadamente una décima parte de la del nitrógeno. Su presencia en el suelo en forma asimilable es de gran importancia en los estados de crecimiento vegetativo y cuando las raíces son pequeñas que no pueden llegar a las reservas de P del suelo, compiten en desventaja con los microorganismos.

Una deficiencia de P en las etapas iniciales causará una formación deficiente de los órganos reproductores. Este elemento contribuye en el metabolismo de la planta joven una mejor utilización del N.

La cantidad de P extraída por las plantas en condiciones normales de cultivo se acerca a los 10 Kg por tonelada de grano cosechada. La deficiencia de fósforo en la planta, causa enrojecimiento de las hojas y produce mazorcas pequeñas,

torcidas, falta de granos debido a que la deficiencia de fósforo interfiere con la polinización y por consiguiente granos poco desarrollados. (Javier, 2011).

Potasio (K)

El contenido de potasio en los tejidos de la planta depende principalmente de su edad. Las plantas jóvenes de maíz pueden tener entre un 4-6% de K_2O sobre materia seca. En la planta adulta el porcentaje normal disminuye hasta un 2%.

La velocidad de absorción del K por la planta es algo superior a la del N. La mayor parte de todo el K que necesita el maíz lo toma en los primeros 80 días de la planta. No obstante, en el primer mes, la velocidad de absorción potásica es relativamente lenta. Aunque el largo de la mazorca puede ser normal, los granos son pequeños y la punta de la mazorca es cónica, a veces faltan granos en la punta. (Javier, 2011).

Azufre (S)

El contenido de azufre en los tejidos vegetales es similar al del fósforo. Las necesidades del azufre son pequeñas comparadas con las de otros elementos principales. La deficiencia de este nutriente se observa como una clorosis general o en ocasiones una clorosis intervenal de las hojas más nuevas de la planta. Al ocurrir deficiencia de azufre afecta la absorción de nitrógeno y provoca que la mazorca se quede pequeña y no llena adecuadamente. (Javier, 2011).

De acuerdo con varios autores, se recomiendan diferentes dosis de nutrientes para el cultivo de maíz, por lo tanto se realizó una aplicación recomendada por Fuentes, (2013), la cual

indica que se deben aplicar 181.81, 68.18 y 194.80 Kg puros/ha de Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente.

Control de malezas

De acuerdo con Fuentes, (2003), existen diversas especies de malezas que pueden afectar el cultivo tales como; Coyoillo, Zacate Jhonson, Bledo, Caminadora, Bejucos y otros.

Según Cruz, (2003), existen dos momentos para realizar el control de malezas:

- Pre-emergente o sea antes del nacimiento del cultivo y
- Post –emergente o sea después de germinado el cultivo.

Según Fuentes, (2003), las malezas se pueden controlar de tres formas: control mecánico, control químico y control cultural.

A continuación se presentan algunos productos que se pueden utilizar para control de malezas.

Cuadro 5. Herbicidas químicos para el control de malezas en el cultivo de maíz.

Nombre Común	Nombre comercial	Dosis	Tipo de maleza	Época de aplicación
Atrazina	Gesaprim 80 wp Atrazina	0.95 Kg/ha	Hoja ancha y algunas gramíneas anuales	Pre o post emergencia temprana
Paraquat	Gramoxone	1.05-1.40 l/ha	Perenne, ciperáceas	Pre-emergencia
Glifosato	Round-up Max Glifosato	0.7-1.05 l/ha	Perenne, ciperáceas	Pre-emergencia
2,4-D Amina	2,4-D Amina	0.7-1.05 l/ha	Hoja ancha	Pre o post emergencia temprana

Fuente: Fuentes, (2003).

En el cuadro cinco se presentan algunos de los productos químicos como la atrazina, glifosato y 2,4-D, que se pueden utilizar para control de malezas en el cultivo de maíz.

Control de plagas

Según Cruz, (2003), las principales plagas que afectan el cultivo de maíz se clasifican en:

- Plagas del suelo
- Plagas del follaje

Entre las plagas del suelo están el Gusano Alambre Agriotes spp y la Gallina Ciega Phyllophaga spp, y en las del follaje se identifican el Gusano Cogollero Spodoptera frugiperda, la Chicharrita Dalbulus maidis y Cicadulina spp.

El método de control preventivo para las plagas del suelo pueden utilizando cualquiera de los siguientes productos: Furadan, Gaucho 70 ws, (i.a) Imidacloprid” 10 g/Kg de semilla, Semevin 35 sc, (i.a) Thiodicarb 20-30 ml/Kg de semilla, Blindage “Imidacloprid, (i.a) Triodicarb 6-10 ml/Kg de semilla.

Para controlar las principales plagas del follaje se pueden utilizar cualquiera de los siguientes productos: Rienda (i.a) Triazophos + Deltametrina, 0.4-0.5 l/ha, Karate (i.a) Lambda-cihalotrina, 250-350 ml/ha y Cipermetrina (i.a) Cipermetrina 1.5 l/ha. (Cruz, 2003).

La dobla del maíz

Según Cruz, (2003), generalmente el productor dobla el maíz una vez que las hojas o follaje se han tornado amarillo pálido; que es cuando ha alcanzado su madurez fisiológica.

Esta práctica se realiza con el fin de secar el grano, no obstante, durante este período se presentan muchos daños en el grano, principalmente si se deja por mucho tiempo en el

campo. Si se realiza esta práctica no se debe olvidar que el doblado del tallo se debe hacer por debajo de la mazorca, la que debe quedar con la punta hacia abajo.

Cosecha de maíz

Muchos productores logran obtener cultivos de maíz agronómicamente buenos, sin embargo, otros factores hacen que al final su actividad no sea rentable.

Una de las causas de esas pérdidas se da cuando el productor no cosecha su maíz a tiempo, dejándolo en el campo y de esta forma la planta queda expuesta al volcamiento, al daño de roedores y pájaros; las altas precipitaciones o demasiada lluvia inducen a pudriciones de mazorca y germinación del grano. Esto trae como consecuencia pérdidas por mala calidad del maíz y a la vez un aumento en la concentración de micotoxinas (hongos), con los consecuentes daños que estas sustancias producen. El momento óptimo para la cosecha es cuando el grano ha alcanzado entre 22 y 24 % de humedad. (Cruz, 2003).

2. Marco referencial

2.1 Lugar de realización del experimento

Las instalaciones del Ingenio Tululá se encuentran ubicadas en el kilómetro 4.5, de la carretera que conduce al municipio de San José “La Máquina”, ubicado en el municipio de San Andrés Villa Seca departamento de Retalhuleu.

Geográficamente se encuentra situado en las coordenadas: 14° 30′ 15.69″ latitud Norte. Y 91°34′ 57.57″ longitud Oeste. A una altura de 244msnm.

2.2 Croquis del lugar de realización del experimento



Figura 4. Ubicación geográfica del de ensayo de maíz.

Fuente: Diseño Agrícola, (2015).

En la figura cuatro se puede observar la ubicación geográfica del ensayo, el cual se muestra con un cuadro de color amarillo.

2.3 Condiciones climáticas y edáficas

Según Holdridge, (1982), citado por Velásquez, (2014), la finca Tululá se ubica dentro de la zona de vida del bosque muy Húmedo Sub- Tropical cálido (Bmh-S(c)). Estas condiciones son favorables para el buen desarrollo de los cultivos; de maíz *Zea mays* y otros cultivos como la caña de azúcar *Saccharum officinarum*.

Suelo:

Para el área del ensayo no se contaba con información específica, por lo que se generó la información. De acuerdo con los resultados obtenidos a través de una prueba de bouyoucos, se determinó que la textura del suelo pertenece a un suelo franco-arenoso. La densidad aparente 1.45 g/cm^3 , fue determinada por medio del método de la probeta.

Es importante mencionar que para este ensayo, solo se evaluaron los primeros 30 cm del suelo.

Según CENGICAÑA, (2012), las características de este suelo pertenecen a la clasificación de un suelo andisol. Son suelos poco evolucionados derivados de ceniza volcánica, oscuros con alto contenido de MO, de baja densidad aparente y consistencia friable a suelta. Estos suelos tienen excelentes propiedades físicas con texturas francas y franco arenosas.

Clima:

La información climática fue obtenida de la estación meteorológica del Ingenio Tululá a través de la página virtual del Instituto de Cambio Climático ICC, CENGICAÑA que se encarga de mantener disponible la información a cualquier hora del día a través de internet.

Las variables climáticas que se pudieron considerar fueron: humedad relativa %, temperatura °C y precipitación pluvial mm, para el ensayo de maíz, que se realizó en los meses de mayo-agosto del año 2015.

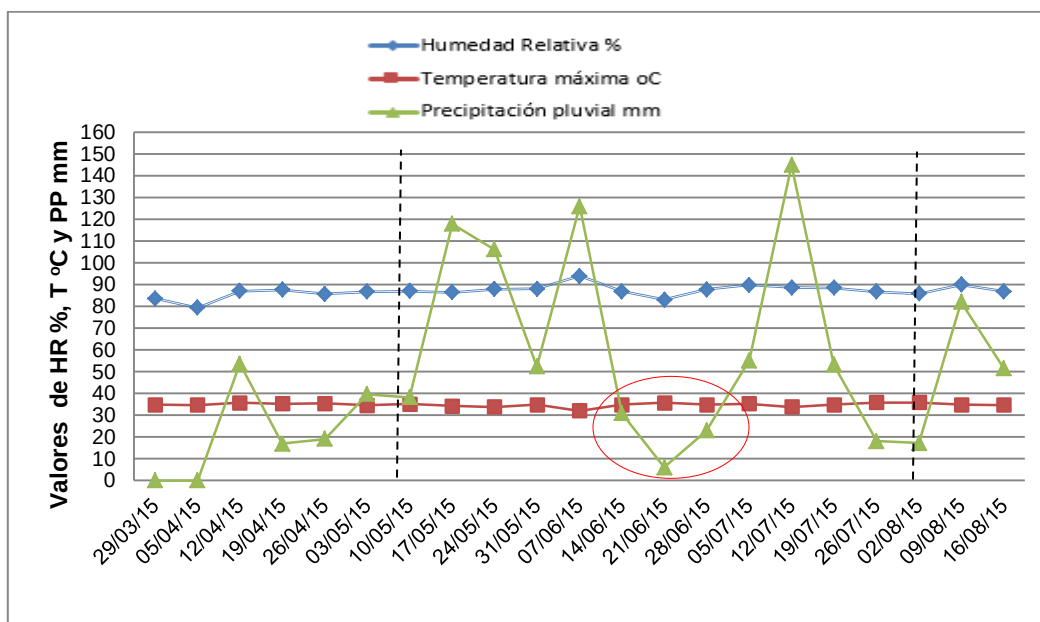


Figura 5. Variables climáticas HR %, T °C y pp mm, mayo-agosto, 2015.

Fuente: autor, (2015).

En la figura cinco, se puede observar el comportamiento de la humedad relativa, temperatura y precipitación pluvial; donde la temperatura máxima siempre se mantuvo en un rango de 30-38 °C, mientras que la humedad relativa vario de 80 a 90%.

La precipitación pluvial, en la época de lluvia, se comportó inestable ya que en las fechas 14 al 28 de junio, que se observa el círculo rojo, se dio una ausencia en la cantidad de agua de lluvia reportada que fue menor a 10 mm, como consecuencia de un fenómeno ambiental denominado “fenómeno del niño”

Las líneas punteadas sirven para delimitar el periodo de evaluación del ensayo de maíz-vinaza que fue realizado en los meses de mayo-agosto, época lluviosa en Guatemala, el experimento se ejecutó dentro de las instalaciones del Ingenio Tululá.

La siembra de maíz se realizó el ocho de mayo y se reportaba aproximadamente un promedio de 38 mm de lluvia, por lo tanto la humedad en el suelo fue favorable para realizar la siembra.

Según Castro, (2015), mediante un estudio realizado con 26 modelos de proyección, logró determinar que el fenómeno que afectó en el mes de junio fue el fenómeno conocido como “niño”, el cual provocó la reducción de las lluvias para las semanas del 14 al 28 de junio.

Según Ortega, (1991), citado por Velásquez, (2014), reporta que la dirección de los vientos es de Este–Oeste con una velocidad promedio de 10 km/hora. Y la intensidad lumínica de 9 horas luz/día.

2.4 Aplicación de fertilizantes químicos en el cultivo de maíz.

Según Gualip, (2015), se realizan de dos a tres aplicaciones de fertilizante, dependiendo de la disponibilidad de recursos, pero normalmente se realizan dos aplicaciones, aplicando 15-15-15 en dosis de 2 qq/Mz o 2.85 qq/ha a los 15 dds y 4 qq/Mz o 5.71 qq/ha de urea a los 45 dds.

Según Ávalos, (2015), el rendimiento obtenido al utilizar semillas mejoradas ha sido de 2.5 a 3 costales por cuerda, lo cual equivale a una producción de 60 a 72 quintales por manzana, 85.6 y 103 qq/ha (2,727 y 4,681 Kg/ha). Dependiendo del consumo que se pueda

realizar, ya que se consume en fresco (cosecha de elotes) y al final se obtienen maíz para autoconsumo.

Según González, (2015), el rendimiento promedio del híbrido blanco de maíz HB-83, es de 97-120 qq/ha, lo cual equivale a 4,409 y 5,454 Kg/ha.

Según Cruz, (2003), el rendimiento potencial del híbrido de maíz HB-83 puede ser hasta 142 qq/ha, 6454 Kg/ha, bajo condiciones de riego y buen manejo agronómico.

Según el diario de Guatemala “Nuestro Diario”, 2015, en una publicación realizada el 26 de abril del año 2015, recomienda para la fertilización del cultivo de maíz dos aplicaciones de fertilizante, aplicar triple quince 15-15-15 en la primera fertilización y urea como segunda fertilización, con lo que podría obtener una producción promedio de 64 qq/Mz o 91.39 qq/ha. Que es equivalente a 2,902 y 4,195 Kg/ha.

III. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Evaluar la respuesta del crecimiento y rendimiento (Kg/ha) del cultivo Zea mays L. Poaceae “Maíz”, con tres tipos de vinaza y su efecto en las propiedades químicas del suelo.

2. Objetivos Específicos:

Estudiar el crecimiento de las plantas de maíz Zea mays en las diferentes aplicaciones de nutrientes.

Determinar el mayor rendimiento en Kg/ha del grano seco del cultivo del cultivo de maíz.

Evaluar el efecto de los tres tipos de vinaza en las propiedades químicas del suelo.

Establecer cuál de los cinco tratamientos evaluados, genera mayores ingresos económicos.

IV. HIPOTESIS

1. Hipótesis alternativa

De los cinco tratamientos que se emplearon; vinaza cruda, vinaza procesada, vinaza fortificada, técnica tradicional que realiza el agricultor y un programa de fertilización, al menos un tratamiento presentara un resultado diferente en el rendimiento de maíz en kilogramos de maíz seco por hectárea.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Lugar de realización del estudio

El experimento se realizó dentro de las instalaciones del Ingenio Tululá que se encuentran ubicadas en el kilómetro 4.5, de la carretera que conduce al municipio de San José “La Máquina”, ubicada en el municipio de San Andrés Villa Seca, departamento de Retalhuleu.

El experimento fue realizado en la época de lluvia, en los meses de mayo-agosto del año 2015.

2. Material y equipo

Materiales y herramientas

- 3.5 Libras de semilla de maíz HB-83
- 40 litros de vinaza cruda
- 40 litros de vinaza procesada
- 40 litros de vinaza fortificada
- Fertilizante químico (ver cuadro 21 en anexos)
- 8 Palas
- 8 Piochas
- 2 Cubetas de 5 galones
- 2 Barriles de 55 litros
- 1 Cinta métrica
- 24 Estacas
- 1 Royo de cordel de 100 m
- 3 machetes
- 1 navaja

Equipo

- 1 Conductímetro
- 1 Potenciómetro
- 1 Balanza digital de 100 kg.
- 4 Bombas de mochila
- 1 Vernier

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Uso de laboratorio para análisis de suelo

Recurso Humano

- Jornaleros
- Estudiante de EPS
- Supervisor docente
- Ingeniera responsable
- Autoridades del Ingenio Tululá

3. Material experimental

Se utilizaron 3.5 libras de maíz del híbrido blanco HB-83 de tamaño grande, el cual es distribuido por la casa comercial “Semillas Costa Sur”.

4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa INFOSTAT versión estudiantil, el cual es utilizado para analizar experimentos agrícolas. Debido a la facilidad de uso y sus resultados son confiables.

4.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño Completamente al Azar.

Modelo Estadístico a utilizar fue: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$

Descripción del modelo estadístico:

Y_{ij} = Variable de respuesta, rendimiento de maíz en Kg /ha.

μ = Media general de rendimiento de maíz en Kg/ ha.

τ_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento de vinaza en estudio.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la i-j-ésima unidad experimental.

4.2 Tratamientos evaluados

Figura 6. Denominación y descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamientos.	Descripción
T1 (Bandera Amarilla)	Vinaza cruda
T2 (Bandera Blanca)	Vinaza Procesada
T3 (Bandera Naranja)	Vinaza Fortificada
T4 (Bandera Verde)	Fertilización convencional
T5 (Bandera Azul)	Programa de fertilización

Fuente: autor, (2015)

En el cuadro seis se presentan los cinco tratamientos evaluados durante la investigación, en la cual se utilizaron tres tipos de vinaza y dos tratamientos químicos.

Los tratamientos uno y dos corresponden a la aplicación de la vinaza que se produce en el Ingenio, siendo la vinaza cruda obtenida de la destilación del alcohol mientras que, la vinaza procesada es la que pasa por un biodigestor de gases, modificando sus propiedades físicas y químicas específicamente el pH.

El tratamiento tres corresponde a la aplicación adicional de aminoácidos a la vinaza procesada para mejorar el contenido nutricional de la misma.

El tratamiento cuatro corresponde a la aplicación de fertilizante químico como lo realiza el agricultor, utilizando dos aplicaciones una con 15-15-15 a los 14 dds y otra con urea a los 45 dds.

Mientras que el tratamiento cinco fue realizado en base a un análisis de suelo previo y de los requerimientos del cultivo. (Ver programa de nutrición en el cuadro 21 en anexos).

4.3 Unidad experimental y aleatorización (croquis de campo)

Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo conformada por cuatro surcos, con dimensiones de: 25 cm de ancho, 30 cm de profundidad y 10 metros de largo, debajo de los 30 cm, se colocó un nylon al fondo del surco para evitar que la vinaza pudiera perderse por percolación y por arrastre superficial, de esta manera se estaría asegurando el estudio del efecto de la vinaza al suelo en los primeros 30 cm.

La distancia entre surco fue de 85 cm y la separación entre posturas fue de 40 cm.

El área para una unidad experimental fue de 30 m².

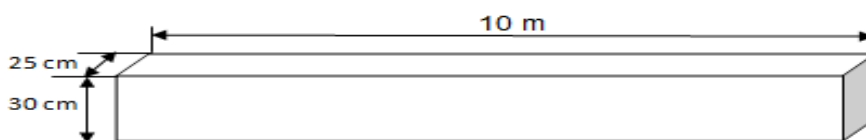


Figura 7. Diseño y medidas de los surcos utilizados para el experimento.

Fuente: autor, 2015.

La siembra se realizó en postura doble a cada 40 cm, para obtener 25 posturas por surco y se sembraron dos semillas por postura para obtener 50 plantas/surco, cada unidad experimental tenía cuatro surcos, un total de 200 plantas/UE. A una densidad de siembra de 58,823 plantas/ha.

Figura 8. Aleatorización de los tratamientos

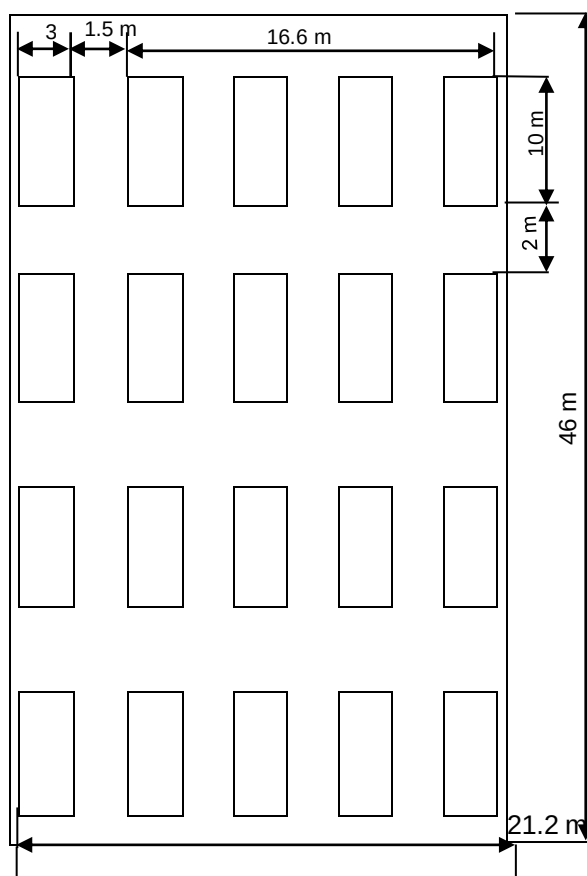
Distribución de los tratamientos en el campo

T4r3	T3r3	T3r1	T4r2	T4r1
T1r1	T5r1	T2r4	T3r2	T1r3
T4r4	T3r4	T2r3	T1r2	T5r3
T1r4	T5r4	T2r1	T5r2	T2r2



Fuente: autor, (2015).

La aleatorización de los tratamientos quedo definida tal como se observa en el cuadro siete, adecuándose a la posición de los tratamientos al croquis que se presenta a continuación.

Croquis de campo**Figura 9. Croquis de campo.**

Fuente: autor, 2015.

En la figura nueve se puede observar el diseño que se planteó a nivel de campo, tomando en cuenta que la pendiente del terreno se encontraba de norte a sur, los tratamientos quedaron distribuidos de la mejor manera para facilitar el manejo agronómico.

4.4 Análisis de variables evaluadas

Variables en estudio

- **Altura**

Inicialmente se definió que para realizar mediciones se seleccionarían un total de 10 plantas por cada unidad experimental, es decir 40 plantas por cada tratamiento, estas fueron tomadas al azar, utilizando la calculadora en la función de números aleatorios, para establecer las plantas que se estarían muestreando.

Luego de obtener cada una de las plantas se procedió a identificar con un nylon para darle seguimiento a la misma planta, realizando un amarre tipo corbata en las diez plantas de cada tratamiento. Tal como se observa en la siguiente figura.



Figura 10. Identificación de plántulas definidas para realizar mediciones.

Fuente: autor, (2015).

Después de haber identificado cada una de las plantas se efectuó la medición de la altura de las plantas, desde la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja principal.

Se realizaron seis mediciones durante el crecimiento fenológico del cultivo de maíz, la primera medición se efectuó a los 15 dds, en el siguiente cuadro se presentan la calendarización en la que se efectuaron las mediciones de las diferentes variables.

Para obtener indicadores de crecimiento se realizaron mediciones de las plantas en los diferentes tratamientos.

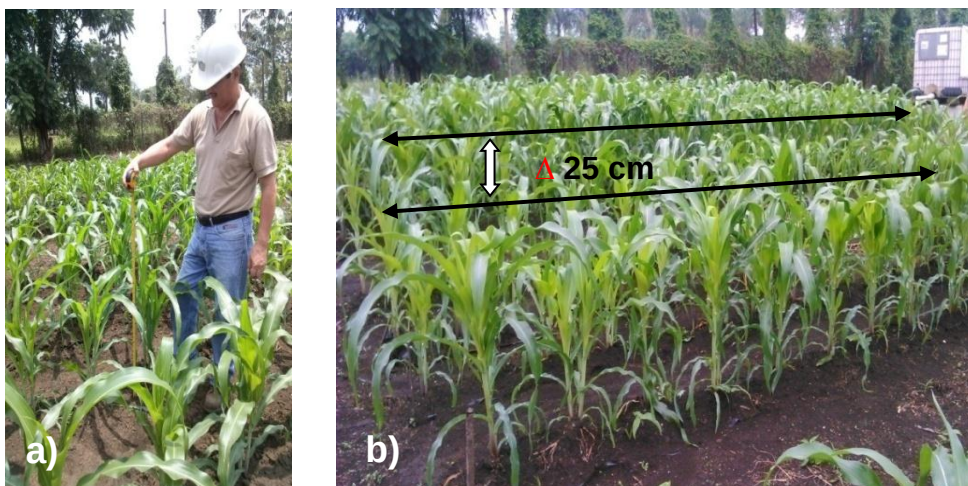


Figura 11. Medición de altura en T3 (a) y diferencia de altura entre T3 y T4 (b).

Fuente: autor, (2015).

En la figura 11 del inciso a) se puede observar una persona realizando mediciones de alturas en las plantas de maíz.

En la parte superior derecha de la figura (b) se puede observar que ya existe una diferencia de 25 cm de altura, cuando habían transcurrido 30 dds.

Cuadro 6. Cronograma de evaluación de las diferentes variables.

Variable	Fecha de toma de datos						
	1	2	3	4	5	6	
1. Altura	23/05/15	30/05/15	07/06/15	13/06/15	21/06/15	28/06/15	
2. Diámetro	23/05/15	30/05/15	07/06/15	13/06/15	21/06/15	28/06/15	
3. Número de hojas	23/05/15	30/05/15	07/06/15	13/06/15	21/06/15	28/06/15	
4. Longitud de hojas	23/05/15	30/05/15	07/06/15	13/06/15	21/06/15	28/06/15	
5. Ancho de hojas	23/05/15	30/05/15	07/06/15	13/06/15	21/06/15	28/06/15	
6. Número de mazorcas							03/07/15
7. Rendimiento							05/09/15

Fuente: autor, (2015).

En el cuadro seis se presentan las fechas en las que se realizaron las mediciones de las principales variables que definen la biomasa de las plantas de maíz. Las variables del número uno al

cinco se realizaron 6 veces, mientras que las variables del número seis al ocho se efectuó una sola vez.

✓ **Diámetro del tallo**

La medida fue tomada en el tallo de maíz cinco centímetros arriba de la superficie del suelo, utilizando un vernier.

✓ **Número de hojas**

Se realizó un conteo del total de hojas dísticas alternas sin tomar en cuenta la hoja principal y las hojas secas.

✓ **Longitud de la hoja**

La longitud se tomó a partir de la vaina foliar, hasta el ápice de la hoja, esta medición se efectuó a la hoja media de las plantas que se encontraban debidamente identificadas.

✓ **Ancho de la hoja**

La medida del ancho de la lámina foliar fue tomada de la misma hoja a la que se le midió la longitud, realizando la medición en la parte media.

✓ **Número de mazorcas**

Después de haber transcurrido 56 días después de la siembra se realizó un conteo del total de mazorcas de todos los tratamientos en las diferentes repeticiones, con el objetivo de poder tener un pronóstico para establecer el rendimiento de los tratamientos.

✓ **Rendimiento en Kg/ha**

La cosecha de maíz se realizó a los 125 días después de la siembra, tal como lo indica la etapa fenológica. Luego de cosecharse el maíz se procedió a realizar el desgrane de las mazorcas de forma manual, después de haber desgranado el maíz se procedió al secado al sol durante tres días.

Después de haber realizado el secado al sol, se pesaron por separado cada uno de los tratamientos, para interpolar los datos y transfórmalos a kilogramos por hectárea, una vez transformado los datos se utilizó el programa estadístico INFOSTAT versión estudiantil para ser sometido al análisis de los resultados.

✓ **Efecto de la vinaza en las propiedades químicas del suelo.**

Con el objetivo de estudiar las propiedades químicas del suelo, se efectuaron mediciones del potencial de hidrógeno pH y conductividad eléctrica CE, en relación suelo agua 1:2.5.



Figura 12. Medición de pH y conductividad eléctrica, en el laboratorio del CUNSUROC.
Fuente: autor, (2015).

Las muestras fueron tomadas seis horas después de la aplicación de vinaza, se utilizó un barreno para extraer el suelo y bolsas de nylon para no tocarlo con las manos, se tomaron dos muestras al azar en cada repetición, esto quiere decir que por cada tratamiento fueron ocho sub-muestras para obtener una muestra de suelo en cada tratamiento. Esta actividad se realizó dos veces, 0 dds y 45 dds.

Además de realizar las mediciones de pH y CE, se realizaron análisis de suelo, uno antes de efectuar la siembra y otros cinco más a los ocho días después de realizar la cosecha, tomando como referencia lo que indica Vargas, (1986), en un estudio realizado para evaluar la respuesta del maíz a tres dosis de vinaza.

Después de la cosecha se tomaron ocho sub-muestras en cada tratamiento, para asegurar que la muestra fuera homogénea. Se homogenizó e identificó la muestra y luego se llevó al laboratorio de CENGICAÑA, para realizar el análisis químico de los cinco tratamientos evaluados.

4.5 Comparación múltiple de medias

Para determinar cuál fue el mejor tratamiento se utilizó la prueba múltiple de medias “Tukey” con un nivel de significancia del 5%.

5. Análisis de costos de los cinco tratamientos evaluados

Para determinar los costos de los cinco tratamientos, se sumaron todos los gastos en insumos y la mano de obra que se invirtió en cada tratamiento, de acuerdo al área que se utilizó en el diseño experimental y al rendimiento obtenido en la misma.

Luego se realizaron las conversiones de los costos y el rendimiento por área para determinar cuál de los cinco tratamientos generó el mayor rendimiento al más bajo costo.

La diferencia entre tratamientos fue el costo del fertilizante que se necesitaría para producir una hectárea.

6. Manejo del experimento

Durante el manejo del experimento se realizaron una serie de actividades encaminadas a la producción final de grano de maíz, por lo tanto se realizó lo siguiente:

✓ Limpieza del terreno

Se realizó una limpieza manual antes de iniciar con el trazo y preparación de surcos, empleando tres jornales para realizar la limpieza del terreno.

✓ Trazado y elaboración de surcos.



Figura 13. Elaboración de surcos (a) y colocación de nylon dentro de los surcos (b).

Fuente: autor, (2015).

En la figura 13, se puede observar la forma en la cual fueron elaborados los surcos en la figura (a), asimismo la forma en la cual se colocó cobertura de nylon al fondo de los mismos (b). Luego de haber colocado el nylon, los surcos se volvieron a llenar con la tierra que se observa a un costado.

Se elaboraron 80 surcos, con dimensiones de 25 cm de ancho por 30 cm de profundidad y una longitud de 10 m cada uno. En total se utilizaron 20 jornales para realizar esta labor.

✓ **Control químico de malezas.**

Después de haber realizado todos los surcos, previo a la aplicación de vinaza y siembra de maíz, se realizó un control post-emergente temprano, para evitar la competencia de las malezas con el cultivo en los primeros días.

La aplicación se realizó con una mezcla comercial que se utiliza para control de malezas en los cañales de Ingenio Tzulá.

Cuadro 7. Productos utilizados para el control de malezas en el experimento de maíz.

Nombre comercial del Producto	Dosis/ha
Igual 90 WG	4 l/ha
Ametrina 50 SC	3.25 l/ha
Alion 50 SC	0.20 l/ha
Weedmaster 600 SL	1 l/ha

Fuente: Sandoval, (2015).

En el cuadro siete se presentan los diferentes productos que se utilizaron para control químico de malezas, la aplicación se realizó utilizando bomba de mochila de 20 litros. De una mezcla con los productos que se mencionan en el cuadro nueve.

✓ **Aplicación de vinaza previo a la siembra**



Figura 14. Materiales utilizados (a) y aplicación vinaza al fondo del agujero (b).

Fuente: autor, (2015).

En la figura compuesta 14, se puede observar: a) los materiales utilizados para realizar la aplicación de vinaza; bomba de mochila, con capacidad de 20 litros, cubetas para manipular agua, los barriles donde se almacenó la vinaza, una probeta para realizar las mediciones de vinaza, asimismo un galón que contenía el aditivo (aminoácidos).

En la figura b) se observa el momento en que se realizó la aplicación de vinaza al fondo del agujero, en los tres tratamientos donde se aplicaron vinazas, cruda, vinaza procesada y vinaza fortificada.

Se agregaron 1000 ml con bomba de mochila, dividida en dos aplicaciones, la primera aplicación se agregaron 500 ml al fondo del agujero previo a la siembra, la segunda aplicación fue realizada a los 45 dds al pie de la planta.

Para cada parcela se utilizaron cinco litros de vinaza y 45 litros de agua, para tener una solución al 10% en relación al volumen de agua.

En el caso de la vinaza fortificada se utilizó 0.5 litros de aditivo (aminoácidos), 4.5 litros de vinaza y 40 litros de agua. La preparación de la solución fue en base a la recomendación del proveedor de la vinaza fortificada, de la casa comercial “Agrotecnología Orgánica S.A”.

✓ La Siembra



Figura 15. Siembra de maíz en el tratamiento uno (a) y el tratamiento cuatro (b).

Fuente: autor, (2015).

En la figura 15 se puede observar el proceso de la siembra de semillas, en a) se observa la siembra del tratamiento uno, en b) se puede observar la siembra de las semillas en el tratamiento cuatro.

La siembra fue realizada el ocho de mayo, se sembraron dos semillas por postura, del material HB-83 color blanco, la cual es distribuida por la casa comercial “Semillas Costa Sur”.

✓ Fertilización

Se realizaron dos aplicaciones de fertilizante en todos los tratamientos, tres de ellos con vinaza y dos tratamientos con fertilizante químico.

Se consideraron aspectos importantes como la aplicación que realiza el agricultor de forma tradicional, dos aplicaciones, una con triple quince y la otra con urea, y la fertilización programada en base a los requerimientos nutricionales que demanda la planta.

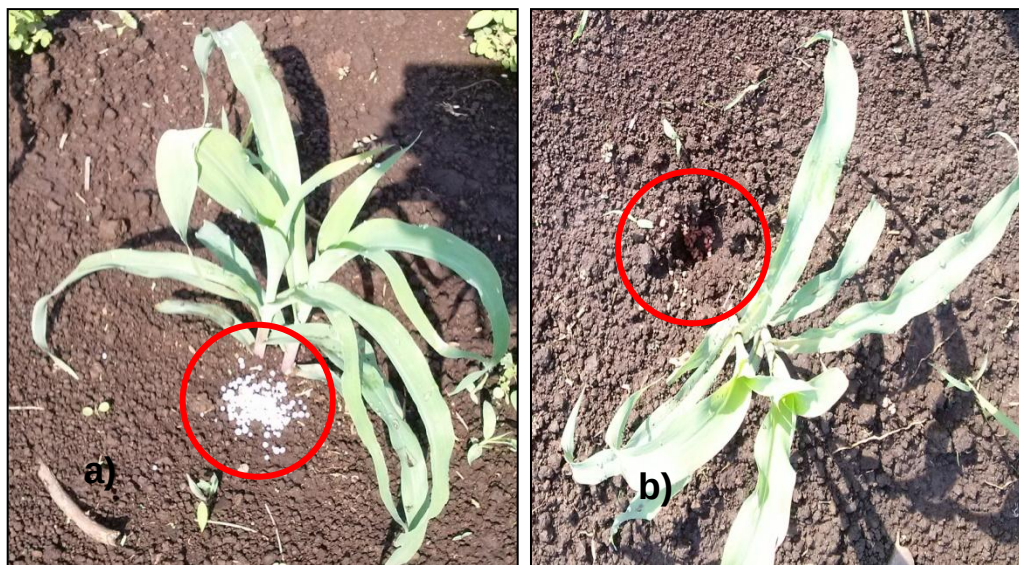


Figura 16. Fertilización al voleo (a) y fertilización incorporada al suelo (b).

Fuente: autor, (2015).

En la figura 16 se puede observar la forma en la cual se realizó la aplicación de fertilizante en el los tratamientos cuatro (T4) y cinco (T5).

En la figura a) se puede observar la aplicación de fertilización convencional, la cual se realiza al voleo pudiéndose observar el fertilizante expuesto a la superficie del suelo a los 15 dds.

En la figura b) se observa fertilización programada, aplicando el fertilizante incorporado al suelo, al fondo del agujero, de acuerdo al programa de fertilización, donde se realizó un muestreo de suelos previo para determinar el aporte de nutrientes que realiza el suelo y poder definir la cantidad de nutrientes considerando los requerimientos nutricionales de la planta.

La primera fertilización con vinaza, a diferencia de los tratamientos químicos se realizó antes de la siembra, ver figura diez, mientras que la primera fertilización química fue a los 14 dds y la segunda aplicación de fertilizante en los cinco tratamientos se realizó a los 45 dds, previo a la etapa de floración.

En la primera y segunda fertilización con vinaza al 10%, se aplicó un litro por postura, utilizándose 50 litros de mezcla compuesta por agua y vinaza, 5 litros de vinaza y el resto fue de agua. (Ver programa de fertilización en el cuadro 21 en anexos).

De acuerdo con la programación de la fertilización en los diferentes tratamientos, se presenta un resumen de la cantidad de nutrientes aportados en cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 8. Cantidad de nutrientes aplicados en Kg/ha, según el tratamiento aplicado.

Cantidad de nutrientes en Kg/ha						
Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	Aminoácidos
T1 Vinaza Cruda VC	1.9	0.8	43	5.6	5.9	
T2 Vinaza Procesada VP	0.5	0.5	38	2.1	5.6	
T3 Vinaza Fortificada VF	23.3	10	38	23	5.6	26.7
T4 Fert. Convencional	80	10	10	-----		
T5 Programa de Fertilización	140	31	27.27	Elementos menores		
Aporte del suelo	0	31	160	Elementos menores		
Requerimiento del cultivo	180	68	190	57	73	E. menores

Fuente: autor, (2015).

En el cuadro ocho se presentan la cantidad de nutrientes aplicados para cada uno de los tratamientos que fueron evaluados en la producción de maíz, utilizando tres tipos de vinaza y dos tratamientos con fertilizante químico.

Se puede observar que la vinaza fortificada contiene mayor contenido de nutrientes que las otras dos, si comparamos la cantidad de nitrógeno, fósforo y calcio, además contiene aminoácidos que enriquecen el contenido de nutrientes.

De acuerdo con el cuadro diez se puede observar que la cantidad de nitrógeno que aportan las vinazas: cruda, procesada y fortificada es de 1.9, 0.5 y 23.3 Kg/ha respectivamente, cantidad que no es suficiente para cubrir una fuerte demanda de nitrógeno del maíz la cual es de 180 Kg/ha. Esto indica que existen deficiencias nutricionales, (ver figura 31 en anexos).

En el caso del fósforo la cantidad que se aplicó en las vinazas cruda y procesada fue menor a 1 Kg/ha, mientras que en la vinaza procesada al menos se aplicaron 10 Kg/ha, lo cual no es suficiente para cubrir el requerimiento nutricional del maíz, el cual es de 68 Kg/ha.

El contenido de potasio aplicado con vinaza cruda fue de 43 Kg, al aplicar vinaza procesada y vinaza fortificada se aplicaron 38 kilogramos de potasio, en las tres aplicaciones se logró cubrir la demanda nutricional del elemento potasio, según el análisis químico que se realizó al suelo se determinó que existían 160 kilogramos de potasio.

Según Pérez, (2015), hace mención a ley del mínimo de Von Liebig la cual indica que, de acuerdo al nivel de un nutriente en que se encuentre deficiente, el comportamiento del rendimiento se verá afectado porque la planta llega hasta el límite impuesto por el factor que está en menor disponibilidad y en este caso el nitrógeno y el fósforo con valores de 0.5 Kg/ha.

✓ Limpieza manual

La segunda limpieza se realizó de forma manual a los 21 dds, utilizando machetes y azadones.



Figura 17. Aspecto del experimento después de realizar el control de malezas.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 17 se puede observar que el experimento se encontraba libre de malezas, lo cual fue bueno para evitar la competencia de malezas al cultivo.

Se puede observar al fondo las banderas con diferentes colores que identifican los tratamientos, al inicio de cada replica. El color amarillo indica vinaza cruda vc, el color azul el programa de fertilización y así sucesivamente los otros tratamientos.

✓ Aporque en el cultivo de maíz



Figura 18. Aporque o calzado de las plantas de maíz, 25 dds.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 18 se observa una de las prácticas culturales que se realizan al cultivo de maíz, el aporque, esta práctica se realizó a los 25 dds, el 02 de junio, debido al problema de vientos fuertes que se presentaron el 29 de mayo. El híbrido HB-83, es tolerante al acame, pero debido a los fuertes vientos fue necesario realizar el aporque en la cual se utilizaron tres jornales.

✓ Control de plagas

Se realizó el control de plagas utilizando un insecticida de contacto y de amplio espectro denominado “Cipermetrina”, el cual controla una gama de insectos del follaje, La primera aplicación se realizó a los 11 dds, se aplicó una copa Bayer 25 cc por bomba de 16 litros (dos bombas). la segunda aplicación fue a los 23 dds, donde se emplearon (tres bombas). La dosis sería de 1.3 litros por hectárea.

✓ Riego

La falta de agua que se presentó la tercera semana del mes de junio, sucedió a causa de un fenómeno natural. Según Castro 2015, fue denominado como el efecto del “niño”. Por lo tanto fue necesario la aplicación de agua para riego, que se aplicó por gravedad, tal como se presenta en la siguiente figura.



Figura 19. Aplicación de riego por gravedad, al cultivo de maíz, 48 dds.
Fuente: autor, (2015).

En la figura 19 se puede observar la aplicación de riego por gravedad para las plantas de maíz, el caudal aplicado para cada surco fue de 132 litros que equivalente a 35 galones de agua, para una parcela se utilizaron 528 litros o 140 galones, el volumen total de agua que se aplicó fue de 10.56 m³ para las 20 parcelas.

✓ Colocación de espantapájaros

Se dio la necesidad de colocar espantapájaros para poder ahuyentar a las pericas, conocidas como “Chocollas” *Myiopsitta monachus*

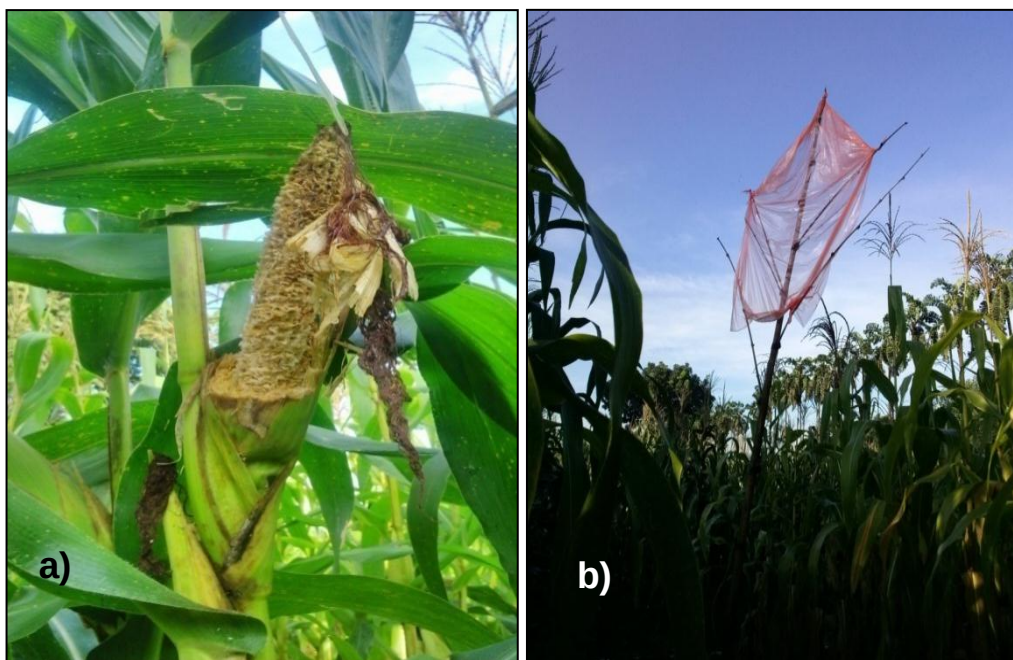


Figura 20. Daño causada por las pericas (a) y colocación de trampas (b).

Fuente: autor, (2015).

En la figura 20 a) se puede observar los daños ocasionados por las pericas, quienes se comían el grano de maíz, por lo tanto se colocaron las trampas para evitar la presencia de las aves tal como se observa en la figura b).

✓ La dobla del maíz

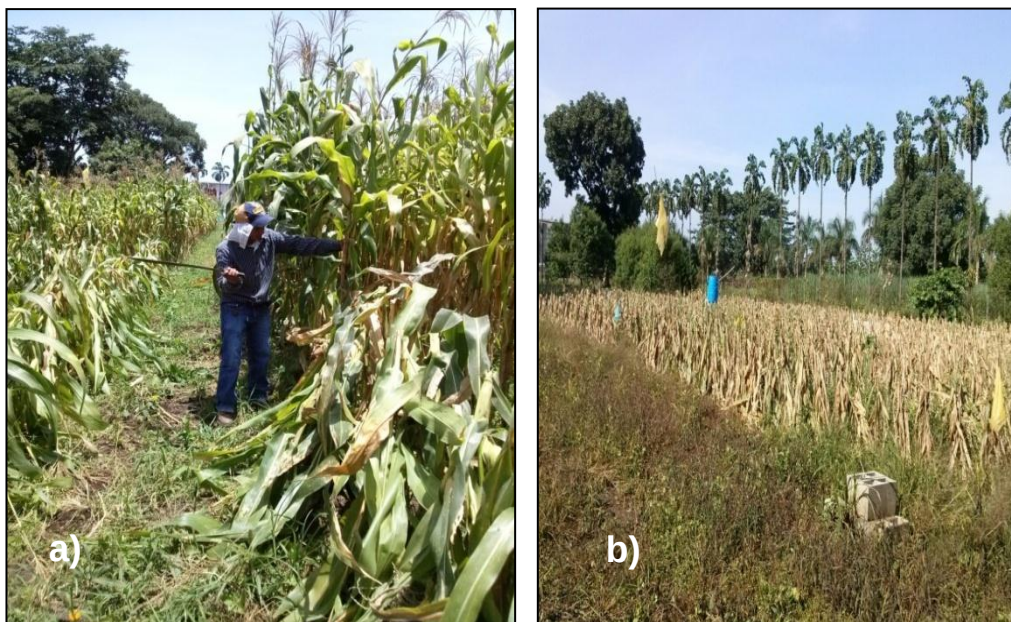


Figura 21. Realizando la dobla (a) y la panorámica 15 días después (b).

Fuente: autor, (2015).

En la figura 21 se puede observar al lado izquierdo (a) cuando se realizaba la dobla de las plantas de maíz; mientras que a la derecha (b) se puede observar el aspecto de las plantas a los 15 días después de la dobla.

La dobla es una práctica cultural, la cual se realiza para promover el secado del grano, cuando la planta ha llegado a madurez fisiológica, por lo tanto esta práctica fue realizada a los 92 dds.

✓ Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, cuando las mazorcas ya habían obtenido un grado de humedad adecuado, se utilizaron diferentes costales para no confundir los tratamientos.



Figura 22. Cosecha manual del tratamiento dos (a) y el tratamiento tres (b), 125 dds.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 22 se observan varias personas, cosechando maíz, en la figura a) se estaba cosechando el tratamiento dos, que se aplicó vinaza procesada vp. En la figura b) se estaba cosechando el tratamiento tres que se le había aplicado vinaza fortificada vf.

Se identificó con un marcador los costales de cada tratamiento con su respectiva repetición por separado para no confundir los resultados. La cosecha fue realizada a los 125 dds.

✓ Desgranado de maíz

Para realizar el desgranado de las mazorcas de maíz, se realizó de forma manual utilizando el sistema de aporreado el cual es muy común por los agricultores de la región, quienes producen maíz para autoconsumo.



Figura 23. Desgranado manual del maíz, en los diferentes tratamientos evaluados.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 23 se puede observar parte del proceso del desgranado de maíz, el cual se realizó de forma manual “aporreado”, que consiste en golpear los costales de maíz con un pedazo de palo para aflojar y remover los granos de maíz y de esta forma facilitar el trabajo de desgranado.

Los costales que se observan en la figura 21 contienen las mazorcas cosechadas de los diferentes tratamientos, en las repeticiones del tratamiento cinco (T5) se pudo cosechar hasta 32 libras de grano seco.

Secado del grano de maíz al sol



Figura 24. Secado al sol del grano de maíz, en los cinco tratamientos evaluados.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 24 se puede observar la forma en la cual se realizó el secado del maíz de los diferentes tratamientos.

Para secar el maíz se colocó un nylon en el suelo y sobre el nylon se dispersaron cada una de las repeticiones, para ello se tuvo que separar en pequeños grupos para poder eliminar la humedad del grano y de esta forma poder conservar el maíz por más tiempo.

Después de haber secado el maíz se procedió a pesar por separado cada repetición de los cinco tratamientos, de los resultados obtenidos se pudo determinar que las repeticiones del tratamiento cinco, el peso promedio obtenido fue de 32.6 libras.

El peso promedio de todas las repeticiones fue de 22 libras de maíz, debidamente desgranado y secado. Es importante mencionar que la menor producción por parcela fue de 14.4 libras correspondiente al tratamiento tres (T3) vinaza fortificada.

VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Variables de respuesta:

Altura de plantas

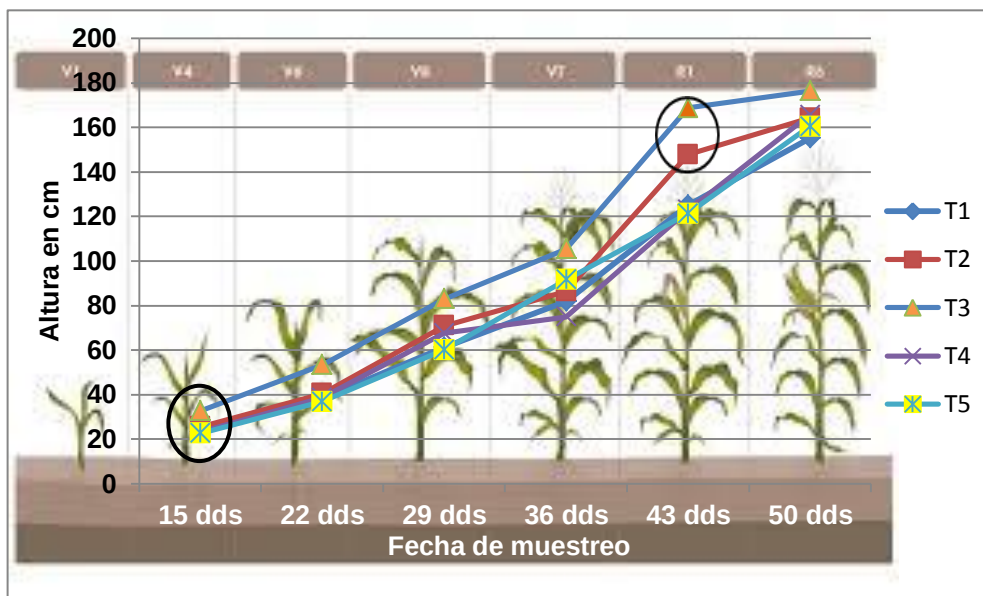


Figura 25. Crecimiento de las plántulas de maíz, en los cinco tratamientos evaluados.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 25 se observa la forma en la cual se da el crecimiento del cultivo de maíz en los cinco tratamientos evaluados.

Se puede apreciar que a los 15 dds, el tratamiento tres, vinaza fortificada (vf), presentaba un promedio de altura de 30 centímetros, superando a los otros cuatro tratamientos, dos ellos con vinaza y otros dos con fertilizante químico. A los 43 dds, continua el mayor crecimiento en los tratamientos dos y tres, tal como se observa en los círculos de color negro.

Es importante mencionar que los tratamientos uno y dos (vinaza cruda vc y vinaza procesada vp), se aplicaron al mismo tiempo que el

tratamiento tres (vf), justo antes de la siembra. Estadísticamente no existe correlación entre los tratamientos con vinaza.

La fertilización de los tratamientos T4 y T5 (fertilización convencional que realiza el agricultor y un programa de fertilización) fueron aplicados a los 14 y 45 dds.

En síntesis la vinaza fortificada produjo el mayor crecimiento durante la etapa de desarrollo de las hojas y crecimiento longitudinal de acuerdo a lo que indica la fenología del maíz, porque la vinaza fortificada contenía aminoácidos, que incrementan la concentración de nitrógeno amoniacal, lo que lo hace que sea rápidamente absorbido por las plantas generando así plantas vigorosas con tejido herbáceo y alto contenido de materia seca.

Diámetro de tallos

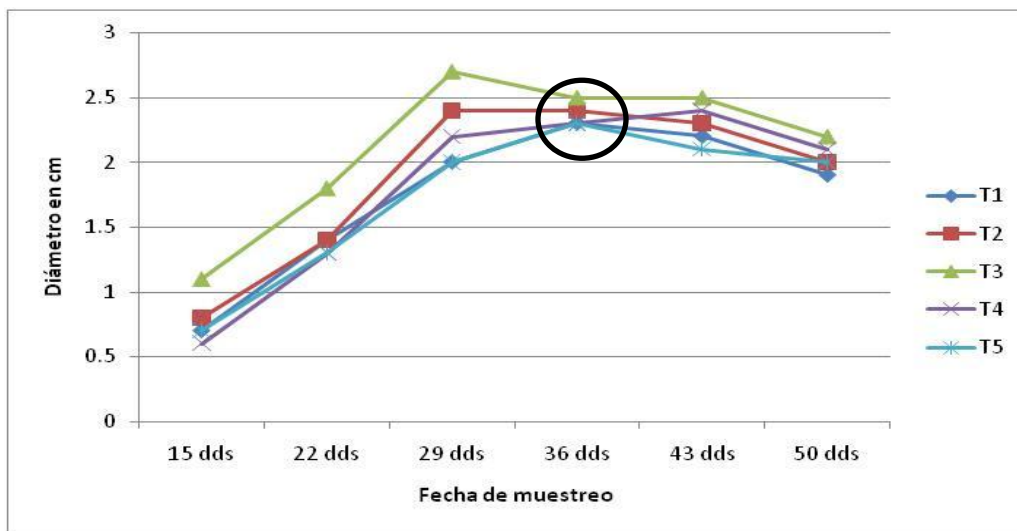


Figura 26. Diámetro de las plántulas de maíz, en cinco tratamientos evaluados.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 26 se observa el crecimiento de diámetro de las plántulas de maíz en cinco tratamientos evaluados. Durante las seis semanas que se muestrearon se puede observar que el tratamiento tres vinaza fortificada (vf) supera en diámetro a los otros cuatro tratamientos.

A los 36 dds se observa una ligera decadencia en el diámetro, a causa de deshidratación, (ver el círculo de color negro). Durante esa época hubo un fenómeno ambiental denominado “Canícula de invierno”, que trajo como consecuencia la falta de agua durante más de siete días consecutivos, por lo tanto fue necesario realizar una aplicación de riego, (ver figura 19).

Esta situación afectó directamente el crecimiento y desarrollo de las plantas que presentaban un mejor vigor, tal fue el caso de las plantas a las que se le aplicó vinaza fortificada, durante los muestreos realizados era posible evidenciar que en biomasa siempre se mantuvo arriba de todos los tratamientos.

Aunque durante el último muestreo el cultivo había llegado a la etapa de desarrollo, donde se diferenciaba la aparición de nuevos órganos florales “panoja” y por lo tanto el crecimiento se detuvo.

El mayor diámetro y altura fue obtenido en las plántulas que aplicó vinaza fortificada, porque la vinaza fortificada contenía aminoácidos; y los aminoácidos están formados por un grupo carboxílico y un grupo amino, que incrementa el contenido de nitrógeno en forma de amonio, y el nitrógeno en forma sales amoniacales es rápidamente absorbido por los vegetales, lo que conduce a un crecimiento en vicio y al momento de la producción, le hizo falta más contenido de nitrógeno y fósforo.

Número de hojas

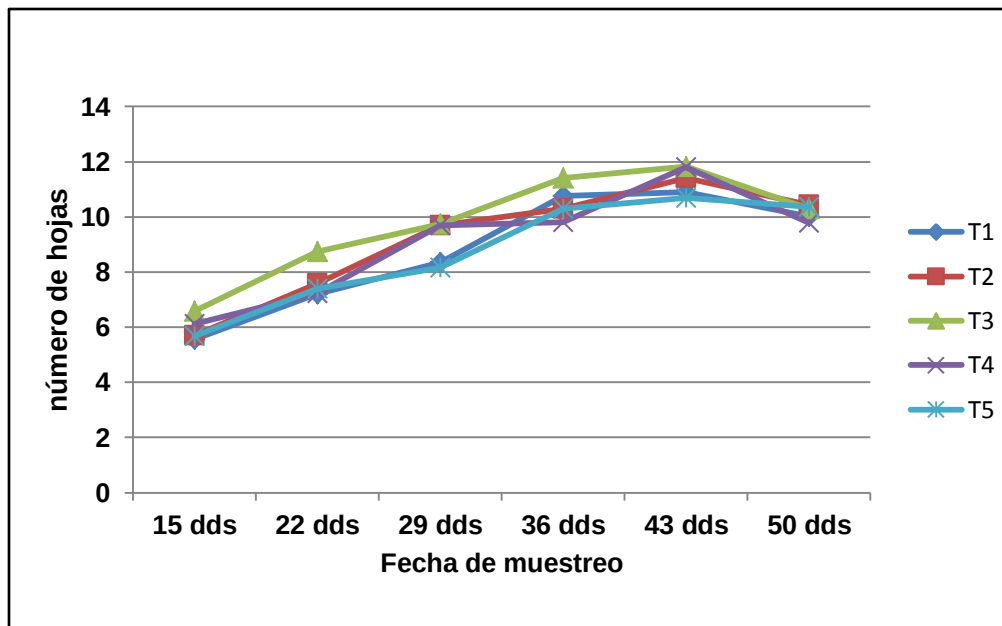


Figura 27. Número de hojas por planta, en los cinco tratamientos evaluados.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 27 se puede observar el promedio de hojas por planta de cada uno de los tratamientos en las seis semanas de muestreo. La cantidad de hojas es un carácter que sirve para tener claro la capacidad de fotosíntesis que pueda presentar la planta.

No se puede asegurar que a mayor cantidad de hojas pueda existir un mayor rendimiento, porque en este caso el tratamiento que presentó mejor crecimiento y desarrollo fue el tratamiento tres (vf), pero fue el tratamiento que menor rendimiento obtuvo 2,551.50 Kg/ha de maíz seco, pero la vinaza fortificada es una buena opción para la producción de forraje que sirva como alimento para el ganado.

Ancho de hojas

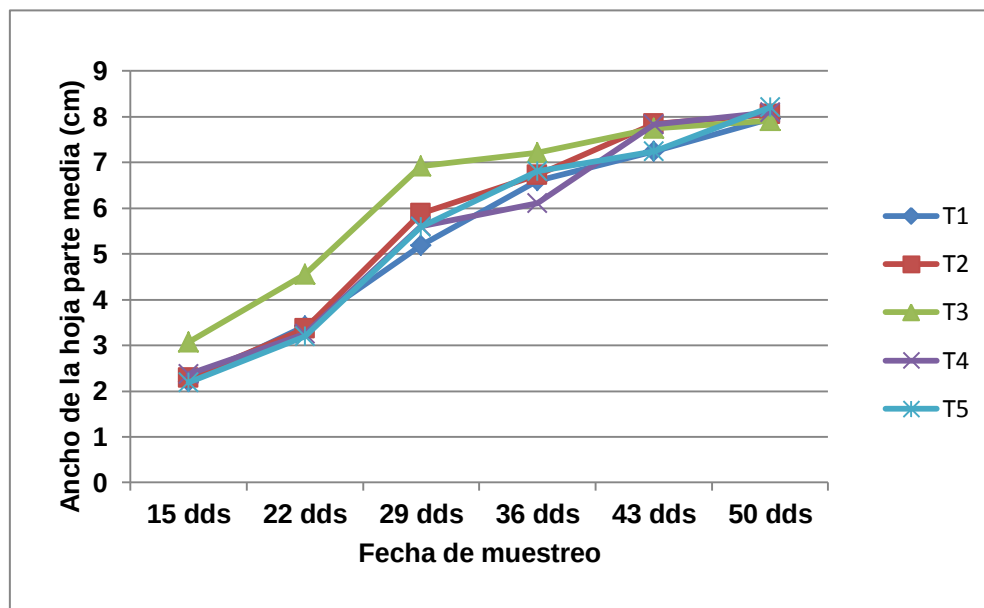


Figura 28. Ancho de las hojas de maíz, en cinco tratamientos evaluados.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 28 se observa el ancho de las hojas de las plántulas de maíz, en diferentes edades, desde 15 dds hasta 50 dds.

En la figura se ve claramente que el tratamiento tres (T3) Vinaza fortificada (vf), produjo mayor área foliar durante cuatro semanas consecutivas, a los 43 dds, los otros cuatro tratamientos se igualan y en el último muestreo a los 50 dds, el tratamiento cinco supera a todos los otros tratamientos.

Longitud de hojas

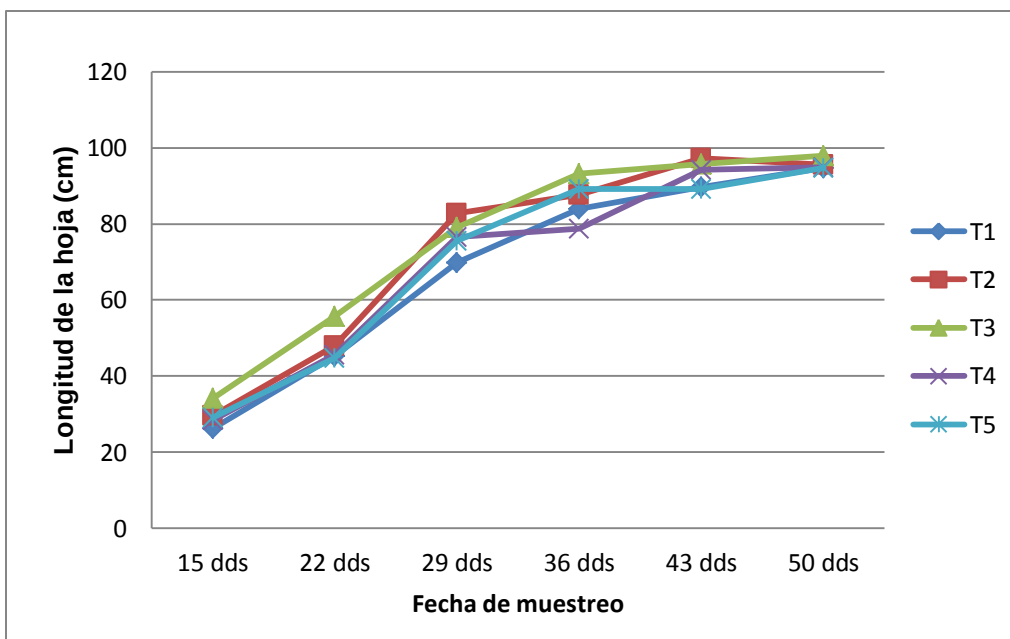


Figura 29. Longitud hojas, de los cinco tratamientos evaluados.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 29 se puede observar la longitud de las hojas en diferentes fechas de muestreo, se puede notar que la mayoría de tratamientos presenta una longitud de hojas muy similar que no representa diferencias significativas ya que en todos los tratamientos el crecimiento longitudinal de las hojas es una tendencia creciente, que alcanza un promedio arriba de 25 centímetros según lo indica la figura 11.

Rendimiento en Kg/ha del grano seco del cultivo de maíz

Después de obtener datos de campo fueron analizados, a continuación se presentan los resultados.

Cuadro 9. Análisis de la varianza para los tratamientos evaluados.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rendimiento en Kg/ha	20	0.72	0.64	18.07	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14549600.80	4	3637400.20	9.47	0.0005
Tratamiento	14549600.80	4	3637400.20	9.47	0.0005**
Error	5764486.00	15	384299.07		
Total	20314086.80	19			

Fuente: autor, (2015).

De acuerdo con los resultados obtenidos del ANDEVA, estadísticamente, con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$ o 0.05 se puede interpretar que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa.

Se decidió realizar una prueba de medias “Tukey” al 5% para determinar cuál de los cinco tratamientos produjo el mayor rendimiento en Kilogramos por hectárea.

La falta de agua en la segunda semana de junio y otros factores como la presencia de plagas y malezas; tuvieron cierto impacto en el experimento, el cual se vio reflejado en el coeficiente de variación que fue de 18.07, aun así se mantuvo bajo en nivel permisible para experimentos agrícolas que es del 20%. En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos de la prueba de medias.

Cuadro 10. Prueba de “Tukey” al 5% para los cinco tratamientos evaluados.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1353.58751				
<i>Error: 384299.0667 gl: 15</i>				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Programa de Fert.	4938.50	4	309.96	A
Fert. Convencional	3763.50	4	309.96	A B
Vinaza Procesada	3058.00	4	309.96	B
Vinaza Cruda	2846.50	4	309.96	B
Vinaza Fortificada	2551.50	4	309.96	B

Fuente: autor, (2015).

Referencia: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuadro nueve, de la prueba de medias “Tukey”, con un nivel de significancia $\alpha = 5\%$ o 0.05, se puede observar que los tratamientos con mayor producción fueron los tratamientos a los que se aplicaron fertilizante químico.

El tratamiento cinco (T5) produjo el mayor rendimiento, con un promedio de (4,938.50 Kg/ha), correspondiente al programa de fertilización calculado en base a un análisis de suelo previo y tomando en consideración los requerimientos del maíz. El tratamiento cuatro produjo un rendimiento promedio de (3,763.50 Kg/ha), el cual corresponde a la fertilización convencional que realizan los agricultores aplicando 15-15-15 y urea.

Para el caso de los tres tratamientos que se aplicaron vinaza, la producción fue mucho menor en comparación a los tratamientos químicos, el tratamiento que produjo el menor rendimiento fue el tratamiento tres que corresponde a la aplicación de vinaza fortificada (vf) que produjo en promedio (2,551.50 Kg/ha), producto del que se esperaba fuese mucho mejor que los otros dos tipos de vinaza porque contaba con un aditivo que contiene mayor contenido de nitrógeno y aminoácidos.

De los tres tipos de vinaza, la que produjo el mayor rendimiento fue la vinaza procesada (vp) con un promedio de (3058.0 Kg/ha) que superó a la vinaza fortificada (vf) por un total de 506.5 Kg/ha.

De acuerdo con González, (2015), el rendimiento del híbrido de maíz HB-83 debió superar los 5,000 kilogramos por hectárea. Por lo tanto los resultados obtenidos con el programa de fertilización y los otros tratamientos son bajos, pudiendo ser que la falta de agua por más de una semana en la etapa de floración tuvo un efecto negativo en la producción esperada, colocar nylon debajo de las raíces, pudo ser benéfico para almacenar humedad por algún tiempo, pero al terminarse la humedad pudo incrementar la temperatura en el suelo.

A continuación se presenta una figura de la clasificación de los cinco tratamientos, que presentaron los mejores promedios obtenidos de la prueba de, Tukey al 5%.

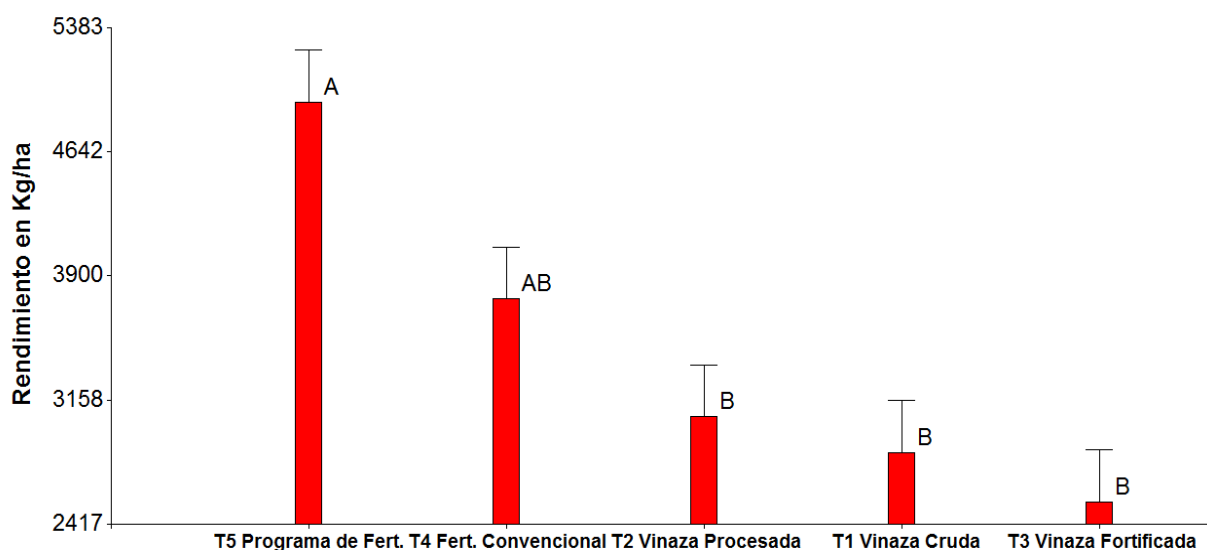


Figura 30. Rendimiento del grano de maíz seco en Kg/ha, de los cinco tratamientos.

Fuente: autor, (2015).

En la figura 30 se puede observar el comportamiento de la producción que se obtuvo evaluando tres tipos de vinaza y dos tratamientos químicos.

Es fácil evidenciar e identificar que la mayor producción de maíz en Kg/ha, se obtuvo con el tratamiento cinco que corresponde a la aplicación de fertilizante mediante un programa definido de acuerdo a los requerimientos nutricionales del híbrido HB-83 y del aporte del suelo.

Estadísticamente con un nivel de significancia del 5% la prueba de medias de Tukey, indica que existen tres grupos, el grupo A, que corresponde al mejor tratamiento (Programa de fertilización), el grupo AB que corresponde a la aplicación de fertilizante convencional, y los del grupo que B, corresponde a los tres tipos de vinaza.

Estadísticamente el resultado indica que no existe diferencias significativas entre los tres tipos de vinaza que se aplicaron antes de la siembra y 45 dds.

El efecto de la vinaza en las propiedades químicas del suelo.

Cuadro 11. Valores de CE y pH, en los cinco tratamientos evaluados.

Trat	Descripción	Conductividad Eléctrica (dS m-1)				pH 1:2.5			
		Inicio	1a A. Odds	2a A. 45dds	Final 125 dds	Inicio	1a A. Odds	2a A. 44dds	Final 125 dds
T1	Vinaza Cruda VC	0.1	0.03	0.11	0.13	6.63	5.2	5.65	5.74
T2	Vinaza Tratada VP	0.1	0.03	0.08	0.07	6.63	5.3	6.02	5.85
T3	Vinaza Fortificada VF	0.1	0.03	0.13	0.07	6.63	5.47	6.33	5.91
T4	Fert. Convencional	0.1	0.02	0.08	0.08	6.63	5.4	5.71	6.09
T5	Progr. Fertilización	0.1	0.02	0.1	0.08	6.63	5.4	5.87	6.30

Fuente: autor, (2015).

Referencia: A= Aplicación; dds= días después de la siembra.

En el cuadro 11 se presentan los resultados de la conductividad eléctrica y pH en los suelos donde se realizó la aplicación de los tres tipos de vinaza.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede constatar que, de las dos aplicaciones de vinaza en los tres tratamientos (T1, T2 y T3), no se obtuvieron cambios significativos en la conductividad eléctrica, pero si se dio una reducción en el potencial de hidrógeno del suelo de 6.6 hasta el mínimo de 5.7 con T1 vinaza cruda que inicialmente el pH era ligeramente ácido.

Según Pérez, (2015), el potencial de hidrógeno del suelo se considera como ácido cuando es menor a 5.5. En este caso los colores rojos indican pH ácido, el color azul ligeramente ácido y el color negro pH neutro.

Según Stauder, (2010), un suelo es ácido cuando el pH es menor a 5.5 y se vuelve alcalino cuando es mayor a 7.3.

En síntesis las aplicaciones de vinaza en forma diluida y la fertilización química no incrementó el contenido de sales en el suelo que se utilizó para este experimento; aunque en los tres tratamientos con vinaza el pH del suelo se volvió ligeramente ácido y donde se aplicó fertilizante químico no cambio el pH en el suelo.

A continuación se presenta los análisis de suelo que se realizaron antes y después de las aplicaciones de vinaza.

Cuadro 12. Química del suelo antes y después de la aplicación de vinaza.

Tratamientos	CE	pH 1:2.5	M.O	Ca	Mg	K	Na	CIC	P	Cu	Zn	Fe	Mn
Dimensionales	(dS m ⁻¹)		%	Meq intercambiables/100 g suelo					(ppm)				
Antes de la aplicación	0.1	6.63	5.9	5.71	1.6	0.49	0.11	46.2	5.55	1.9	2.9	6	14.95
Después de la aplicación													
T1 Vinaza Cruda	0.08	5.74	6.90	9.37	3.04	1.23	0.56	40.42	0.20	0.38	3.62	1.22	16.55
T2 Vinaza Procesada	0.07	5.85	7.31	7.75	3.54	1.28	0.52	41.03	0.20	0.23	3.57	1.35	18.07
T3 Vinaza Fortificada	0.13	5.91	6.38	7.77	3.13	1.21	0.54	40.42	0.20	0.27	3.14	1.48	15.49
T4 Fert. Convencional	0.07	6.09	7.42	9.85	3.46	1.20	0.50	41.03	0.29	0.22	3.16	1.35	17.19
T5 Progr. de fertilización	0.08	6.30	7.42	8.54	3.13	1.16	0.50	41.64	0.39	0.22	3.22	1.18	16.04

Fuente: autor, (2015).

En el cuadro 12 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de suelos que se realizaron antes y después de las aplicaciones de vinaza.

Antes de realizar la aplicación de los diferentes tratamientos se observa que: la conductividad eléctrica no presentaba riesgos de salinización al suelo, el pH era neutro, con un valor de 6.63, tenía un buen contenido de M.O, 5.9 %, la CIC era 46.2 meq/100 g suelo y la textura franco-arenosa, Según CENGICAÑA, (2012), la clasificación del suelo es denominada como un Andisol.

Después de haber aplicado los tratamientos, se puede observar que la CE, no presenta cambios significativos en los cinco tratamientos evaluados; el pH del suelo disminuyó de 6.63 a 5.74, en (T1) donde se aplicó vinaza cruda, estos resultados indican el suelo está siendo ligeramente acidificado por la aplicación de vinaza.

De acuerdo con Fuentes, (2003), estos valores de pH aún siguen siendo óptimos para buen desarrollo del cultivo de maíz, por lo tanto no existe ningún efecto contrario con la disponibilidad de nutrientes.

El contenido de M.O., se incrementó de 5.9% hasta 7.42% en T4 y T5, mientras que en T3 se reportó un valor de 6.38%; en los tratamientos uno y dos, se mantuvo arriba de 6 y 7%. Estos valores indican que sigue siendo un suelo fértil porque se incrementó la M.O.

En cuanto al calcio Ca se incrementó de 5.71 a 9.37 meq/100 g suelo, el incremento del Ca pudo haber regulado al pH de la vinaza cruda porque el calcio es un alcalinotérreo y es vital para contrarrestar el papel de las sales alcalinas o ácidos orgánicos. Inicialmente el pH de la vinaza cruda era de 4.13, esto explicaría el incremento a 5.74 después de la aplicación con vinaza cruda.

El magnesio se incrementó de 1.6 a 3.54 meq/100 g suelo, para que exista una buena absorción de nutrientes, el Ca debe estar en relación 4:1 con el Mg, de acuerdo con los valores esta condición no se cumple.

La cantidad de potasio K se incrementó en los cinco tratamientos, al inicio tenía 0.49 meq/100 g suelo y al final, todos los tratamientos reportaron valores arriba de 1.16 meq/100 g suelo, lo cual indica que

probablemente la absorción de potasio no fue tan buena o existió antagonismo por el exceso o carencia de otro nutriente, en este caso pudo haber sido el nitrógeno.

El sodio Na se incrementó de 0.11 hasta 0.50 meq/100 g suelo y la CIC se redujo de 46.2 a 40.42 meq/100 g suelo, esta situación indica que el contenido de sales formadas por el sodio, a causa del exceso de Ca, Mg y K, rompieron los conglomerados amorfos en la capacidad de intercambio catiónico, provocando así una disminución de la CIC.

La cantidad de fósforo de 5.55 ppm que se reportaba inicialmente se redujo hasta 0.20 ppm, indicando que probablemente fue absorbido por las plantas.

Mediante este estudio preliminar se confirma que una aplicación de vinaza diluida al 10% como se realizó en este experimento no produjo toxicidades que pudieran afectar al cultivo de maíz, pero se observa que el pH del suelo tiende a acidificarse por el efecto de la aplicación de vinaza, también se observa que el incremento del sodio afecta directamente la CIC, lo cual indica que se debe tener mucho cuidado con la frecuencia de aplicación de vinaza al suelo.

Análisis de costos de los cinco tratamientos evaluados

Cuadro 13. Costos de producción del ensayo de maíz.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Total por concepto de renta	tierras propias	0	Q	Q
Mano de Obra				
Trazado	Jornal finca	1	Q78.72	Q78.72
Limpieza control químico	Jornal finca	1	Q78.72	Q78.72
Elaboración de zanjas	Jornal contratista	6	Q50.00	Q300.00
	Jornal finca	14	Q78.72	Q1,102.08
Montaje de la tubería	Jornal finca	4	Q78.72	Q314.88
Siembra	Jornal finca	2	Q78.72	Q157.44
Control manual de malezas	Jornal finca	2	Q78.72	Q157.44
Aporque	Jornal finca	3	Q78.72	Q236.16
Fertilización 2 aplicaciones	Jornal finca	8	Q78.72	Q629.76
Control de plagas	Jornal finca	2	Q78.72	Q157.44
Riego	Jornal finca	2	Q78.72	Q157.44
Colocación de espantapájaros	Jornal finca	1	Q78.72	Q78.72
Dobla	Jornal finca	2	Q78.72	Q157.44
Cosecha	Jornal finca	2	Q78.72	Q157.44
Desgrane	Jornal finca	3	Q78.72	Q236.16
Secado del maíz	Jornal finca	2	Q78.72	Q157.44
Total Mano de Obra				Q4,157.28
INSUMOS				
Análisis de suelo	Laboratorio	6	Q386.00	Q2316.00
Adquisición de Semilla	Libras	4	Q10.00	Q40.00
Fertilizante 0-0-60	Libras	2	Q3.50	Q7.00
Fertilizante 15-15-15	Libras	2	Q2.50	Q5.00
Fertilizante 18-46-0	Libras	2	Q3.50	Q7.00
Urea	Libras	12.5	Q3.50	Q43.75
Vinaza cruda	Litros	20	Q1.00	Q20.00
Vinaza procesada	Litros	20	Q1.00	Q20.00
Vinaza fortificada	Litros	20	Q1.30	Q26.00
Herbicidas	Litros de mezcla	40	Q2.00	Q80.00
Fertilizante Bayfolan forte	100 cc	1	Q6.60	Q6.60
Insecticida Cipermetrina	125 cc	1	Q25.00	Q25.00
Insecticidas semevin	125 cc	1	Q53.00	Q53.00
Combustible	Galones	2	Q25.00	Q50.00
Tubería PVC	Tubos y accesorios			Q2,991.17
Nylon	Yarda	220	Q9.50	Q2,090.00
Costo Total de insumos				Q7,780.52
Costo total de producción				Q11,937.80

Fuente: autor, (2015).

En el cuadro 13 se presentan los costos totales de la ejecución del ensayo de maíz, los valores más altos lo representan la elaboración de zanjas (Q 1402.80), los análisis de suelo (Q 2316.00) que se realizaron uno antes de siembra y cinco 15 dds, la compra de los productos: nylon (Q 2090.00), tubería y accesorios pvc. (Q 2991.00) que al final ya no se utilizaron porque se tenía previsto utilizarlo para época seca. Los costos totales superaron los Q 11,900.00.

De acuerdo con los costos obtenidos del ensayo de maíz, se consideró los costos en aplicación de fertilizante ya que fue lo único que cambio entre todos los tratamientos, para definir cuál es el tratamiento.

Cuadro 14. Comparación de costos de los cinco tratamientos evaluados

Tratamientos Evaluados	Rendimiento (qq/ha)	Precio de venta	Ingresos Brutos	Costos de producción /ha	Utilidad ha
T1 Vinaza cruda VC	63	Q125.00	Q7,875	Q 6,638	Q1,237.00
T2 Vinaza procesada VP	67	Q125.00	Q8,375	Q 6,638	Q1,736.95
T3 Vinaza fortificada VF	56	Q125.00	Q7,000	Q 13,904	Q-6,905.00
T4 Fert. Convencional	83	Q125.00	Q10,375	Q7,410.4	Q2,965.00
T5 Progr. de fertilización	109	Q125.00	Q13,625	Q8,577.9	Q5,047.10

Fuente: autor, (2015).

En el cuadro 14 se presentan los costos de cada uno de los tratamientos, se puede observar que los tratamientos uno y dos, vinaza cruda y vinaza procesada, tiene un valor de Q 6,638.00, mientras que la vinaza fortificada tuvo un costo de Q 13,904.00. esto significa que se incrementó Q 7,266.00 más que las otras dos vinazas.

Para el caso de los tratamientos químicos; el costo de la fertilización convencional fue de Q 7,410.4 y el costo de la fertilización realizada con un programa de fertilización fue de Q 8,577.90 quetzales, la aplicación del programa de fertilización, representa un incremento de Q 1167.50 con respecto al tratamiento convencional que utiliza el agricultor.

En síntesis se puede decir que obtendría mayor producción al utilizar un programa de fertilización realizando un análisis de suelo previo a la siembra, aunque el costo en fertilización se incrementa, pero al final se obtiene un margen de ingresos netos mayores a los Q 5,000.00, mientras que en los otros tratamientos, los ingresos son menores a los Q 2,965.00. que produjo al utilizar la fertilización convencional.

VII. CONCLUSIONES

1. Durante la etapa de desarrollo del cultivo de Zea mays “maíz”, el tratamiento tres (T3) vinaza fortificada presentó el mejor crecimiento vegetativo a los 30 dds, superando por 25 cm de altura en promedio a todos los tratamientos.
2. El mayor rendimiento corresponde al tratamiento cinco (T5) programa de fertilización, con una producción de 4,938.5 kilogramos de maíz seco por hectárea.
3. La aplicación de vinaza al 10%, mediante un estudio preliminar es buena para las propiedades químicas del suelo porque se incrementaron las bases intercambiables y no generó toxicidades al cultivo de maíz.
4. La aplicación de vinaza al 10% también modificó el pH del suelo que se redujó de 6.63 a 5.7, el potasio se incrementó de 0.49-1.28 meq/100 g de suelo, el calcio, cambio de 5.71-9.85 meq/100 g de suelo, el Magnesio y el Sodio se modificaron de 1.6-3.54 y 0.11-0.56 meq/100 g de suelo, el fósforo disminuyó de 5.35 ppm a 0.20 ppm.
5. El tratamiento (T5) programa de fertilización generó un ingreso neto de **Q5, 047.10**, a un costo de Q8, 577.9 por hectárea.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1.** Se sugiere aplicar vinaza en dosis de 43 Kg/ha, una vez al año y aplicarla en los primeros 15 días después de haber establecido el cultivo.
- 2.** Evaluar el uso de la vinaza fortificada para la producción de biomasa en verde en cultivos forrajeros porque se pudo observar un buen vigor dentro del rango de 10 a 30 días.
- 3.** Utilizar la vinaza como un complemento orgánico que utilice el agricultor para obtener buenas producciones, sin dejar de aplicar la fertilización convencional.
- 4.** Evaluar si la acidificación del suelo producida por la vinaza es temporal o se mantiene durante el tiempo.
- 5.** Evaluar diferentes dosis de vinaza, aplicando 40, 80 y 120 Kg/ha para determinar cuáles podrían ser sus efectos en las propiedades químicas del suelo y el cultivo de maíz.

IX. BIBLIOGRAFÍA

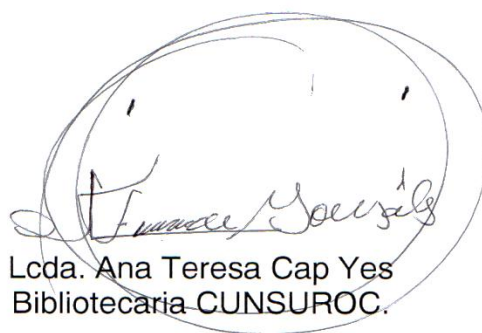
1. Alvarado, O.; Rojas, C. 2008. Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura de Acuerdo con su Modo de Acción en los Suelos. Unión Internacional de Sociedades de la Ciencia de Suelos. Costa Rica. CR. 11 p. Formato en PDF.
2. Ángel, D. et al. 2010. Cambios en fracciones de fósforo en Inceptisoles y Mollisoles por aplicaciones de vinaza y/o cloruro de potasio. Palmira, Valle del Cauca, CO. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 7 p. Formato PDF.
3. Ávalos, M. 2015. Experiencias en la producción de maíz, rendimientos obtenidos. (Entrevista personal). Pequeño productor de maíz, Cantón “El Chaparral”, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, GT.
4. Bautista, F. et al. 2000. Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica soluble tipo vinazas. Rev. Int. Contaminación Ambiental, 16 (3) 89-101, 2000. Facultad de ciencias, UNAM: Coyoacán, D.F. México. Mx.
5. Castro, O. 2015. Expectativas del ENSO¹ y el clima 2015, zona Cañera Guatemalteca. Diplomado en Ingeniería Cañera. Guatemala, GT. 23 p. PDF.
6. CENGICANÑA (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. Guatemala, GT. Compañía Consultora. Ingeniería del Campo Ltda. 216 p.

7. Cruz, O. 2003. Manual para el cultivo de maíz en Honduras. Honduras, Secretaría de Agricultura y Ganadería. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. (DICTA). 27 p. PDF.
8. Departamento de Diseño Agrícola. 2015. Mapa de experimento de maíz. Ingenio Tululá, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, GT.
9. Fuentes, M. 2003. El cultivo del maíz en Guatemala: Una guía para su manejo agronómico. Guatemala, GT., (ICTA). Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. 45 p. Formato en PDF.
10. González, B.R. 2015. Rendimiento del híbrido de maíz HB-83. (Entrevista personal). Proveedor, distribuidor y ventas de Semillas de Maíz "Costa Sur". Mazatenango Suchitepéquez, GT.
11. Gualip, C. 2015. Experiencias en la fertilización y rendimientos de maíz. (Entrevista personal). Productor de maíz, de la comunidad "El Saltó". San Andrés Villa Seca Retalhuleu, GT.
12. Instituto Privado de Investigación de Cambio Climático ICC. 2015. Estación meteorológica del Ingenio Tululá. (En línea). Consultado el 06-11-15. Disponible en: <http://redmet.icc.org.gt/comparativas>
13. Javier Chinchilla, M.R. 2011. Evaluación de tres densidades de siembra y dos dosis de fertilización, en el rendimiento de maíz Zea mays c.v. HB-83 (Poaceae), en comunidad Nuevo Amanecer, San Lorenzo, Suchitepéquez. Trabajo de graduación de la carrera de Agronomía Tropical. Mazatenango Suchitepéquez, GT. Universidad de San Carlos De Guatemala. Centro Universitario de Suroccidente. 70 p. Formato PDF.

14. La fenología del maíz. (En línea). Consultado el 03/03/15. Disponible en <http://www.tecnicoagricola.es>
15. Meza, K. (2015, 26 de abril). Guía de siembra de maíz en época seca. “*Nuestro Diario*”. Guatemala. 18 (6230): 14-15.
16. Pérez, O. 2015. Análisis químico 1. Diplomado en Ingeniería Cañera. Guatemala, GT. 40 p. PDF.
17. Pérez, O. 2015. Manejo del Nitrógeno en el cultivo de Caña de Azúcar. Diplomado en Ingeniería Cañera. Guatemala, GT. 51 p. PDF.
18. Meruane, R. 2005. Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra. Chile, Universidad de Chile. 9 p. Formato PDF.
19. Requerimientos nutricionales del maíz (En línea). Consultado el 03/03/15. Disponible en <http://www.smart-fertilizer.com/requerimientos-nutricionales>
20. Sandoval, F. 2015. Base de datos de la aplicación de vinaza en fincas internas del Ingenio Tululá. (Documento electrónico). Jefe de zona uno, Ingenio Tululá S.A. San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, GT.
21. Stauder, N. 2010. Guía para diseñar programas efectivos de fertilización. Guatemala, GT. 126 p.
22. Vargas, V. 1986. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a tres dosis y tres épocas de aplicación de la vinaza y su efecto sobre las propiedades físicas del suelo. Informe Final de Licenciatura en Ingeniería Agronómica. Heredia, C R., Universidad Nacional de Ciencias Agrarias. 75 p.

23. Velásquez, R. 2014. Diagnóstico de la sección hulera del Ingenio Tululá S.A, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu. Informe Final EPS. Agronomía Guatemala, GT. Universidad San Carlos de Guatemala. FAUSAC. 110 p.

Vo.Bo.


Lcda. Ana Teresa Cap Yes
Bibliotecaria CUNSUROC.



X. ANEXOS

Cuadro 15. Rendimiento de maíz *Zea mays* en Kg/ha e interpolación a qq/ha.

Tratamientos	I	II	III	IV	Yi..	Ȳi.	qq/Mz	qq/ha
T1 Vinaza Cruda VC	3051	2217	4335	1783	11386	2846.5	44.1	63
T2 Vinaza Procesada VP	2783	3566	2550	3333	12232	3058	46.9	67
T3 Vinaza Fortificada VF	2922	2700	2184	2400	10206	2551.5	39.2	56
T4 Fertilización Convencional	4050	4266	3371	3367	15054	3763.5	58	83
T5 Programa de Fertilización	5268	4567	4734	5185	19754	4938.5	76.3	109

Fuente: autor, (2015).

Cuadro 16. Datos de campo e interpolación a Kilogramos y quintales por hectárea.

Repetición	Tratamientos	lb/parcela	Kg/parcela	Kg/ha	qq/ha
I	Vinaza Cruda	20.17	9.15	3051	67
I	Vinaza Procesada	18.4	8.35	2783	61
I	Vinaza Fortificada	19.32	8.77	2922	64
I	Fert. Convencional	26.78	12.15	4050	89
I	Programa de Fert.	34.83	15.80	5268	116
II	Vinaza Cruda	14.66	6.65	2217	49
II	Vinaza Procesada	23.58	10.70	3566	78
II	Vinaza Fortificada	17.85	8.10	2700	59
II	Fert. Convencional	28.21	12.80	4266	94
II	Programa de Fert.	30.2	13.70	4567	100
III	Vinaza Cruda	28.66	13.00	4335	95
III	Vinaza Procesada	16.86	7.65	2550	56
III	Vinaza Fortificada	14.44	6.55	2184	48
III	Fert. Convencional	22.29	10.11	3371	74
III	Programa de Fert.	31.3	14.20	4734	104
IV	Vinaza Cruda	11.79	5.35	1783	39
IV	Vinaza Procesada	22.04	10.00	3333	73
IV	Vinaza Fortificada	15.87	7.20	2400	53
IV	Fert. Convencional	22.26	10.10	3367	74
IV	Programa de Fert.	34.28	15.55	5185	114

Fuente: autor, (2015).

Cuadro 17. Costos de producción por hectárea utilizando fertilización convencional

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Total por concepto de renta	tierras propias	0	Q -	Q -
Mano de Obra				
Trazado	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Limpieza control químico	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Siembra	Jornal	3	Q78.72	Q236.16
Control manual de malezas	Jornal	6	Q78.72	Q472.32
Control de plagas	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Fertilización	Jornal	6	Q78.72	Q472.32
Dobla	Jornal	3	Q78.72	Q236.16
Corte de maíz (Tapisca)	Jornal	11	Q78.72	Q865.92
Aporque	Jornal	7	Q78.72	Q551.04
Desgrane	Saco	42	Q5.00	Q210.00
Total de mano de obra				Q3,516.24
Insumos				
Adquisición de Semilla	Libras	32	Q10.00	Q320.00
Fertilizante granular 15-15-15	qq	2.85	Q250.00	Q712.50
Fertilizante granular Urea	qq	5.71	Q285.00	Q1,627.35
Herbicida Igual 50 SC i.a (Atrazina)	litros	4	Q25.52	Q102.08
Herbicida Ametrina 50 SC i.a (Ametrina)	litros	3.25	Q37	Q121.06
Herbicida Alión 50 SC i.a. Adaziflan	litros	0.2	Q2,380.00	Q476.00
Herbicida Weedmaster 46.5 SL i.a (2-4D + dicamba)	litros	1	Q62.17	Q62.17
Isecticida Cipermetrina	litro	2.1	Q200.00	Q420.00
Insecticida Semevin	125 cc	1	Q53.00	Q53.00
Total de insumos				Q3,894.16
Costo total de producción				Q7,410.40

Fuente: autor, (2015).

Cuadro 18. Costos por hectárea para la fertilización con vinaza cruda.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Total por concepto de renta	tierras propias	0	Q -	Q -
Mano de Obra				
Trazado	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Limpieza control químico	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Siembra	Jornal	3	Q78.72	Q236.16
Control manual de malezas	Jornal	6	Q78.72	Q472.32
Control de plagas	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Fertilización	Jornal	6	Q78.72	Q472.32
Dobla	Jornal	3	Q78.72	Q236.16
Corte de maíz (Tapisca)	Jornal	11	Q78.72	Q865.92
Aporque	Jornal	7	Q78.72	Q551.04
Desgrane	Saco	44.7	Q5.00	Q223.50
Total de mano de obra				Q3,529.74
Insumos				
Adquisición de Semilla	Libras	32	Q10.00	Q320.00
Vinaza Cruda	Galón	1554	Q1.00	Q1,554.00
Herbicida Igual 50 SC (Atrazina)	litros	4	Q25.52	Q102.08
Herbicida Ametrina 50 SC (Ametrina)	litros	3.25	Q37	Q121.06
Herbicida Alión 50 SC Adaziflan	litros	0.2	Q2,380.00	Q476.00
Herbicida Weedmaster 46.5 SL (2-4D + dicamba)	litros	1	Q62.17	Q62.17
Isecticida Cipermetrina	litro	2.1	Q200.00	Q420.00
Insecticida Semevin	125 cc	1	Q53.00	Q53.00
Total de insumos				Q3,108.31
Costo total de producción				Q6,638.05

Fuente: autor, (2015).

Cuadro 19. Costos por hectárea/fertilización con vinaza fortificada.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Total por concepto de renta	tierras propias	0	Q -	Q -
Mano de Obra				
Trazado	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Limpieza control químico	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Siembra	Jornal	3	Q78.72	Q236.16
Control manual de malezas	Jornal	6	Q78.72	Q472.32
Control de plagas	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Fertilización	Jornal	6	Q78.72	Q472.32
Dobla	Jornal	3	Q78.72	Q236.16
Corte de maíz (Tapisca)	Jornal	11	Q78.72	Q865.92
Aporque	Jornal	7	Q78.72	Q551.04
Desgrane	Saco	37.3	Q5.00	Q186.50
Total de mano de obra				Q3,492.74
Insumos				
Adquisición de Semilla	Libras	32	Q10.00	Q320.00
Vinaza Fortificada	galón	1554	Q5.70	Q8,857.80
Herbicida Igual 50 SC (Atrazina)	litros	4	Q25.52	Q102.08
Herbicida Ametrina 50 SC (Ametrina)	litros	3.25	Q37	Q121.06
Herbicida Alión 50 SC Adaziflan	litros	0.2	Q2,380.00	Q476.00
Herbicida Weedmaster 46.5 SL (2-4D + dicamba)	litros	1	Q62.17	Q62.17
Isecticida Cipermetrina	litro	2.1	Q200.00	Q420.00
Insecticida Semevin	125 cc	1	Q53.00	Q53.00
Total de insumos				Q10,412.11
Costo total de producción				Q13,904.85

Fuente: autor, (2015).

Cuadro 20. Costos por hectárea/fertilización Programada

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Total por concepto de renta	tierras propias	0	Q -	Q -
Mano de Obra				
Trazado	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Limpieza control químico	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Siembra	Jornal	3	Q78.72	Q236.16
Control manual de malezas	Jornal	6	Q78.72	Q472.32
Control de plagas	Jornal	2	Q78.72	Q157.44
Fertilización	Jornal	6	Q78.72	Q472.32
Dobla	Jornal	3	Q78.72	Q236.16
Corte de maíz (Tapisca)	Jornal	11	Q78.72	Q865.92
Aporque	Jornal	7	Q78.72	Q551.04
Desgrane	Saco	73	Q5.00	Q365.00
Total de mano de obra				Q3,671.24
Insumos				
Análisis de suelo	Laboratorio	1	Q386.00	Q386.00
Adquisición de Semilla	Libras	32	Q10.00	Q320.00
Fertilizante superfosfato	qq	1.46	Q350.00	Q511.00
Fertilizante sulfato de potasio	qq	1	Q350.00	Q350.00
Fertilizante urea	qq	5.97	Q285.00	Q1,701.45
Fertilizante foliar Bayfolan	litros	6.12	Q66.00	Q403.92
Herbicida Igual 50 SC (Atrazina)	litros	4	Q25.52	Q102.08
Herbicida Ametrina 50 SC (Ametrina)	litros	3.25	Q37	Q121.06
Herbicida Alión 50 SC Adaziflan	litros	0.2	Q2,380.00	Q476.00
Herbicida Weedmaster 46.5 SL (2-4D + dicamba)	litros	1	Q62.17	Q62.17
Isecticida Cipermetrina	litro	2.1	Q200.00	Q420.00
Insecticida Semevin	125 cc	1	Q53.00	Q53.00
Total de insumos				Q4,906.68
Costo total de producción				Q8,577.92

Fuente: autor, (2015).

Cuadro 21. Programa de la fertilización de los diferentes tratamientos evaluados.

Trat.	Descripción de los tratamiento	fertilizantes por replica	Total de fertilizantes	# de aplicaciones	Dosis	Forma de aplicación	Época de aplicación
T1	Vinaza Cruda VC	40 litros de VC diluido al 10%	200 litros	2	1000 ml/postura	Al pie de la planta	0 dds, 45 dds
T2	Vinaza Procesada VP	40 litros de VP diluido al 10%	200 litros	2	1000 cc/postura	Al pie de la planta	0 dds, 45 dds
T3	Vinaza Fortificada VF	40 Litros de VF diluido al 10%	200 litros	2	1000 cc/postura	Al pie de la planta	0 dds, y 45 dds
T4	Fertilización convencional (15-15-15) y urea 46%	1 era aplicación ½ libra de 15-15-15 2da aplicación 1.125 lb de urea	2 lb de 15-15-15 4.5 lb de urea 46-0-0	2	2.27 gr/postura 5.1 gr/postura	al voleo	14 dds, 45 dds
T5	Programa de Fertilización (N-P-K + Microelementos)	226 gramos de superfosfato+156.49 gr de sulfato de K 2 lb de urea + 25 cc byfolan/ 4 litros de agua	2 lbs de superfosfato 1.37 lbs de sulfato de 8 lbs de urea +100 cc de bayfolan	2	(2.26 gramos de superfosfato +1.56 gramos de sulfato de K) N= 9.23g/post+ 25 cc/ 16 litros de agua	Incorporado al suelo Incorporado al suelo y aplicación foliar	14dds, 45 dds

Fuente: autor, (2015).

Referencias:

Fuentes de fertilizante para el programa de fertilización:

N = Urea

P = Superfosfato 18-46-0

K = sulfato de potasio 0-0-60

Elementos menores = aplicación foliar de bayfolan forte.

VC = Vinaza Cruda

VP = Vinaza Procesada

VF = Vinaza Fortificada

dds = días después de la siembra



Figura 31. Aspecto de los cinco tratamientos, 40 días después de la siembra.



Centro Universitario de Sur Occidente
CUNSUROC
Apartado Postal: 606
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango Suchitepéquez, abril de 2016.

MSc. Jorge Rubén Sosof Vásquez
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable MSc. Jorge Sosof:

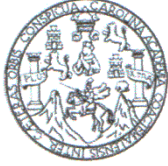
Por medio de la presente hacemos de su conocimiento que cumpliendo con el nombramiento que nos fuera asignado, hemos procedido a supervisar y asesorar el trabajo de graduación del estudiante: Nelson Yovany Fernández Pelicó, carnet: 200941556, el cual lleva por título: **Respuesta del crecimiento y rendimiento (Kg/ha) del cultivo, Zea mays L. Poaceae “Maíz” con tres tipos de vinaza y su efecto en las propiedades químicas del suelo.**

Luego del asesoramiento, supervisión y revisión del informe escrito, consideramos que el mismo llena los requisitos para continuar con los trámites correspondientes que rigen este centro universitario y firmamos la presente, dando fe de lo antes mencionado.

Sin nada más que agregar, nos suscribimos de su persona.

Atentamente;

MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales
Supervisor, Revisor
Carrera de Agronomía Tropical



Centro Universitario de Sur Occidente
CUNSUROC
Apartado Postal: 606
Mazatenango, Suchitepéquez

Mazatenango Suchitepéquez, abril de 2016

MSc. Mirna Nineth Hernández Palma
Directora Centro Universitario de Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable MSc. Mirna Nineth Hernández Palma :

Por medio de la presente, le informo que el estudiante: Nelson Yovany Fernández Pelicó, carnet: 200941656, de la carrera de Agronomía Tropical, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **Respuesta del crecimiento y rendimiento (Kg/ha) del cultivo, Zea mays L. Poaceae “Maíz” con tres tipos de vinaza y su efecto en las propiedades químicas del suelo.** El cual fue supervisado y revisado por el MSc. Carlos Antonio Barrera Arenales, catedrático de la carrera de Agronomía Tropical.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante: Nelson Yovany Fernández Pelicó, ha cumplido con el normativo del trabajo de graduación, razón por la cual someto a su consideración el documento para que continúe con el trámite correspondiente.

Sin nada más que agregar, me suscribo de usted.

Atentamente;

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

MSc. Jorge Rubén Sosof Vásquez
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CUNSUROC/USAC-I-13-2016

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE, Mazatenango,
Suchitepéquez, 15 de abril de dos mil dieciséis.-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE
AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:
“**RESPUESTA DEL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO (Kg/ha) DEL CULTIVO,**
Zea mays L. Poaceae “Maíz” CON TRES TIPOS DE VINAZA Y SU EFECTO EN
LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO”, del estudiante: **T.P.A. Nelson**
Yovany Fernández Pelicó, carné **200941556** de la carrera Ingeniería en Agronomía
Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


MSC. MIRNA NINETH HERNÁNDEZ PELICÓ
DIRECTORA INTERINA



/gris