



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Evaluación de la fertilización orgánica (biol) y sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.), cv. NB 9043, bajo riego complementario por goteo, finca El Plantel, Masaya 2017

AUTOR

Br: Erling Hasiell Pérez Rugama

ASESORES:

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya
Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales
Ing. MSc Rodolfo Munguía Hernández

Managua, Nicaragua
Abril, 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

Trabajo de Graduación

Evaluación de la fertilización orgánica con biol y sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.), cv. NB 9043, bajo riego complementario por goteo, finca El Plantel, Masaya 2017

AUTOR

Br: Erling Hasiell Pérez Rugama

ASESORES:

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya
Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales
Ing. MSc Rodolfo Munguía Hernández

Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador como requisito final para optar al grado de INGENIERO AGRÓNOMO

Managua, Nicaragua
Abril, 2018

CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>ii</i>
INDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
INDICE DE ANEXOS	<i>v</i>
RESUMEN	<i>vi</i>
ABSTRACT	<i>vii</i>
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación del estudio	4
3.1.1 Clima	4
3.1.2 Suelo	5
3.2 Diseño metodológico	5
3.3 Variables evaluadas	6
3.3.1 Variables de crecimiento	6
3.3.2 Variables de rendimiento	7
3.4 Recolección de datos	8
3.5 Análisis estadístico	8
3.6 Características de la variedad	8
3.7 Descripción del proceso de producción y aporte nutricional del biol	8
3.7 Manejo agronómico	11
3.7.1 Preparación del suelo	11
3.7.2 Siembra	11
3.7.3 Riego	11
3.7.4 Fertilización	12
3.7.5 Manejo de malezas	12
3.7.6 Manejo de plagas	12
3.7.7 Cosecha	12
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1 Variables de crecimiento	13
4.1.1 Altura de la planta (cm)	13
4.1.2 Diámetro del tallo (mm)	14
4.1.3 Número de hojas por planta	14
4.1.4 Altura de la primera y segunda inserción de la mazorca (cm)	15

Sección	Página
4.2 Variables de rendimiento	16
4.2.1 Diámetro de la mazorca (mm)	16
4.2.2 Longitud de la mazorca (cm)	16
4.2.3 Número de hileras por mazorca	17
4.2.4 Número de granos por hilera	17
4.2.5 Número de granos por mazorca	18
4.2.6 Peso de 1 000 granos (g)	18
4.2.7 Rendimiento kg ha ⁻¹	18
4.3 Análisis económico	19
V CONCLUSIONES	21
VI RECOMENDACIONES	22
VII LITERATURA CITADA	23
VIII ANEXOS	27

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a Dios mi maestro por excelencia, que fue mi refugio en los momentos de prueba.

A Luz Adilia Rugama López, mi madre, Ervin Antonio Pérez Fajardo, mi padre, quienes con la ayuda de Dios y sus incansables deseos de superación me permitieron llegar a este punto de mi vida a pesar de las adversidades.

A mi hermano Ervin Bladimir Pérez Rugama por su apoyo y cariño.

A mi abuela Pastora López Casco (mita) por su amor y sus consejos motivándome a luchar con disciplina en la vida.

A mis sobrinas Emeling Yobeydi Pérez López y Eymeling Sobeydi Pérez López, por quienes me esforcé a luchar a vencer cada una de las adversidades en la vida.

Br. Erling Hasiell Pérez Rugama

AGRADECIMIENTOS

A Dios el maestro, por permitirme la oportunidad de culminar los estudios en esta prestigiosa alma mater.

A mis padres Luz Adilia Rugama y Ervin Antonio Pérez quienes con mucho esfuerzo y sacrificio me brindaron el apoyo necesario para formarme como profesional, convertirse en un cimiento en mi formación y motivándome a trabajar con disciplina, perseverancia y esfuerzo cada uno de mis propósitos.

A la universidad Nacional Agraria (UNA) por abrirme las puertas, brindarme el apoyo y contribuir a mi formación profesional.

A mis asesores Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya e Ing. Henry Alberto Duarte Canales por haberme brindado la confianza y los conocimientos técnicos en el transcurso de la elaboración del presente trabajo.

A la Organización de Desarrollo de los Países Bajos (SNV) por su contribución económica y técnica que me permitió que este estudio se llevara a cabo.

A mi tía Maricela Rugama López, primas Lic. Yenifer Lisseth Martínez Rugama y Lic. Mayerling Masiel Martínez Rugama por apoyarme en los momentos difíciles.

A mis amigos Orlando Javier Sánchez Membreño, Jarol Evelio García Rodríguez, Abner Ventura Umanzor López, Yordis Bladimir Matute, Lic. Ruth Velia Gómez, Lic. Francis del Rosario Martínez Rodríguez, MSc. Guillermo Ignacio Rodríguez Herradora, Lic. Jacqueline López Martínez, Jorge Lenin Peña, Francisco Espinoza, Álvaro Sevilla, Joel Martínez, Roberto Lazo, Lic. Lorena del Carmen López López y todo el personal que labora en el comedor, por su valioso aporte y contribuir de manera directa e indirecta en mi formación como profesional.

Br. Erling Hasiell Pérez Rugama

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Propiedades químicas del suelo en la unidad experimental, finca El Plantel, Masaya 2017	5
2. Dimensiones del experimento, finca El Plantel, Masaya 2017	6
3. Descripción de los tratamientos evaluados, finca El Plantel Masaya 2017	6
4. Características químicas del biol utilizado en el estudio, finca El Plantel, Masaya 2017	10
5. Descripción de las dosis y momento de aplicación de los fertilizantes, finca El Plantel Masaya 2017	12
6. Resultado del análisis estadístico para la altura de la planta (cm) finca El plantel, Masaya 2017	13
7. Resultado del análisis estadístico para diámetro del tallo (cm), finca El plantel, Masaya 2017	14
8. Resultado del análisis estadístico para el número de hojas por planta, finca El plantel, Masaya 2017	15
9. Resultado del análisis estadístico para la altura de la primera y segunda inserción de la mazorca (cm), finca El plantel, Masaya 2017	16
10. Resultado del análisis estadístico realizado a las variables de rendimiento, finca El plantel, Masaya 2017	19
11. Análisis de presupuesto parcial aplicado a los tratamientos evaluados en la finca El Plantel, Masaya 2017	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Ubicación geográfica de la finca El Plantel, Masaya 2017.	4
2.	Precipitaciones acumuladas mensuales en la finca El Plantel Masaya, 2017.	5
3.	Esquema del proceso de biogás y biol.	10
4.	Sistema de riego por goteo instalado en el experimento, finca El Plantel, Masaya 2017.	11

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Plano de campo del ensayo en maíz en la finca El Plantel, Masaya 2017.	28
2. Diseño agronómico del riego por goteo, Finca El Plantel Masaya 2017 finca El Plantel Masaya 2017.	29
3. Cálculo del costo de producción del biol utilizado en la finca El Plantel Masaya 2017.	30
4. Preparación de suelo en la unidad experimental, finca El Plantel, Masaya 2017.	32
5. Transporte del biol de fincas ganaderas de Boaco hacia la finca El Plantel, Masaya 2017.	32
6. Instalación del sistema de riego por goteo en la unidad experimental, finca El Plantel, Masaya 2017.	33
7. Fertilización del maíz utilizando biol, finca El Plantel, Masaya 2017.	33
8. Manejo de malezas en la unidad experimental, finca El Plantel, Masaya 2017.	34
9. Medición de variables de Rendimiento, UNA 2017.	34
10. Equipo de investigación valorando el porcentaje de humedad en el maíz, UNA 2017.	35

RESUMEN

El estudio consiste en evaluar la fertilización orgánica y sintética, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo maíz, variedad NB 9043, la investigación inició en la época de primera del 2017 en la finca El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria, el ensayo se estableció bajo un Diseño de Bloques Completo al Azar, unifactorial con cuatro tratamientos y cuatro replicas, los tratamientos utilizando biol fueron: T₁ con 8 540 l ha⁻¹ (6 000 l Mz⁻¹), T₂ 11 386 l ha⁻¹ (8 000 l Mz⁻¹), T₃ 14 233 l ha⁻¹ (10 000 l Mz⁻¹) y el testigo T₄ con 129.37 kg ha⁻¹ (2 qq Mz⁻¹) de 12-30-10 y 129.37 kg ha⁻¹ (2 qq Mz⁻¹) de Urea 46 % N. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas en las variables de crecimiento a los 29 y 38 días después de la siembra (dds), mostraron los promedios más altos el tratamiento (T₄) para el diámetro y altura de la planta, altura de la primera y segunda inserción de la mazorca, en el rendimiento se presentaron diferencias significativas únicamente en las longitud de la mazorca, número de granos por mazorca y peso de mil granos siendo el tratamiento testigo (T₄) quien presentó las mayores medias. La variable de rendimiento no presentó significancia estadística. El mayor rendimiento lo presentó el tratamiento testigo (T₄) con 3 061.88 kg ha⁻¹, seguido por el T₃ con (2 731.25 kg ha⁻¹). Al realizar el análisis económico, el tratamiento testigo (T₄) obtuvo la mayor relación beneficio costo con C\$ 3.34, seguido por el tratamiento T₁ con C\$ 2.56.

Palabras clave: Biol, Fertilización química, Producción, Maíz.

ABSTRACT

The study consists of evaluating the organic and synthetic fertilization, on the growth and yield of the corn crop, variety NB 9043, the research started in the first season of 2017 in the El Plantel farm owned by the National Agrarian University, the trial was established under a Complete Randomized Block Design, unifactorial with four treatments and four replicates, the treatments using biol were: T₁ with 8 540 l ha⁻¹ (6 000 l Mz⁻¹), T₂ 11 386 l ha⁻¹ (8 000 l Mz⁻¹), T₃ 14 233 l.ha-1 (10 000 l Mz⁻¹) and control T₄ with 129.37 kg ha⁻¹ (2 qq Mz⁻¹) of 12-30-10 and 129.37 kg ha⁻¹ (2 qq Mz⁻¹) of Urea 46% N. The analysis of variance showed statistical differences in the growth variables at 29 and 38 days after sowing (dds), the highest averages showed the treatment (T₄) for the diameter and height of the plant, height of the first and Second insertion of the ear, in the performance there were significant differences only in the length of the ear, number of grains per ear and weight of thousand grains being the control treatment (T₄) who presented the highest means. The performance variable did not show statistical significance. The highest yield was presented by the control treatment (T₄) with 3 061.88 kg ha⁻¹, followed by T₃ with (2 731.25 kg ha⁻¹). When performing the economic analysis, the control treatment (T₄) obtained the highest benefit-cost ratio with C\$ 3.34, followed by the T₁ treatment with C\$ 2.56.

Keywords: Biol, Chemical Fertilization, Production, Corn.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es originario de América, apareciendo hace más de ocho mil años y se comenzó a cultivar a partir del teosinte, la cual es una maleza silvestre que tiene cinco especies en México, Guatemala y Nicaragua (Castillo y Moreno, 2013).

Este es el cultivo de mayor relevancia a nivel mundial por el volumen de su producción, la gran diversidad de su uso y por producirse en países de todos los continentes en condiciones extremadamente diferentes (MIFIC, 2007).

Es uno de los granos básicos de mayor importancia en Nicaragua, se puede cultivar en diferentes zonas, es muy resistente a las variaciones climáticas y de factible manejo agronómico, este juega un rol importante en la economía, el consumo humano y animal, industrialización y la elaboración de productos alimenticios (Molina *et al.*, 2010). En el año 2017 en un área de 352 000 hectáreas, se obtuvo una producción de 413 636 toneladas (PPCC, 2018).

El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados, la adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo (Sañudo *et al.*, 2013).

El biol es un abono orgánico líquido producto del resultado de la descomposición de residuos animales y vegetales bajo un sistema de biogás, que sale de forma líquida del biodigestor y que puede ser utilizado para pastos y cultivos, es un excelente estimulante foliar para las plantas y un completo potenciador de los suelos (Andino y Martínez, 2015).

Se obtiene mediante el proceso de digestión anaeróbica en el cual microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno, generando dos productos principales: biogás, gas natural compuesto principalmente por metano y biol, un biofertilizante (López y Olivera, 2016).

El uso de biol fomenta la productividad sostenida en el manejo de la fertilidad natural del suelo, permite disminuir la dependencia de fertilizantes químicos sintéticos, disminuyendo costos de producción y minimizar el impacto de la explotación sobre el ecosistema (FAO, 2011).

Los sistemas de riego son una técnica para distribuir el agua necesaria de manera adecuada sobre un determinado cultivo, su apropiado diseño y elección depende de una serie de información previa como: textura de suelo, topografía, clima de la zona, cultivo, cantidad y calidad del agua (Luna y Pérez, 2012).

Es importante destacar que el riego por goteo es la forma más eficiente de regar agua gota a gota directamente al sistema radicular del cultivo, su funcionamiento se origina a partir de emisores llamados "gotero", el cual es de regulación manual, es decir, se pueden aumentar o disminuir la cantidad de gotas (Ramírez, 2001).

El presente trabajo es parte del estudio de la fertilización orgánica mediante un biofertilizante biol y sintética tomando en cuenta la función que este ejerce en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz bajo un sistema de riego complementario, con el fin de generar información respecto al efecto de tres dosis de biol, sobre las variables de crecimiento y rendimiento en el cultivo de maíz.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de tres dosis de biol y una sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz en la finca El Plantel, Masaya 2017.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la fertilización orgánica y sintética sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de Maíz.
- Realizar un análisis económico que refleje la relación beneficio – costo (B/C) en los tratamientos evaluados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del estudio

El experimento se realizó en la unidad de producción e investigación El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 30 de la carretera Tipitapa – Masaya, en el municipio de Nindirí en las coordenadas 12°06'24" latitud norte y 86°04'06" longitud oeste, a una altura de 100 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

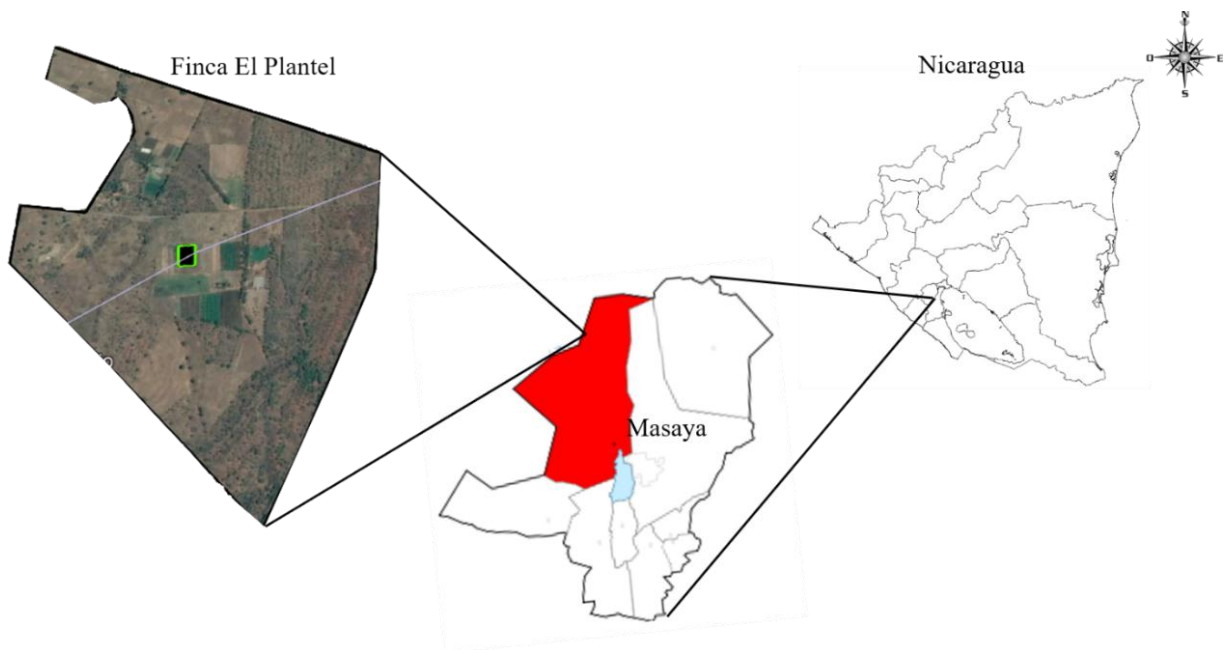


Figura 1. Ubicación geográfica de la finca El Plantel, Masaya 2017.

3.1.1. Clima

La humedad relativa promedio es de 74 %, con temperaturas mínimas de 23.8 °C y temperaturas máximas de 33 °C (Hernández y Bustamante, 2017), la precipitación acumulada según los meses que el cultivo estuvo establecido fue de: mayo 292.8 mm, junio 136.4 mm y julio 148.9 mm (figura 2).

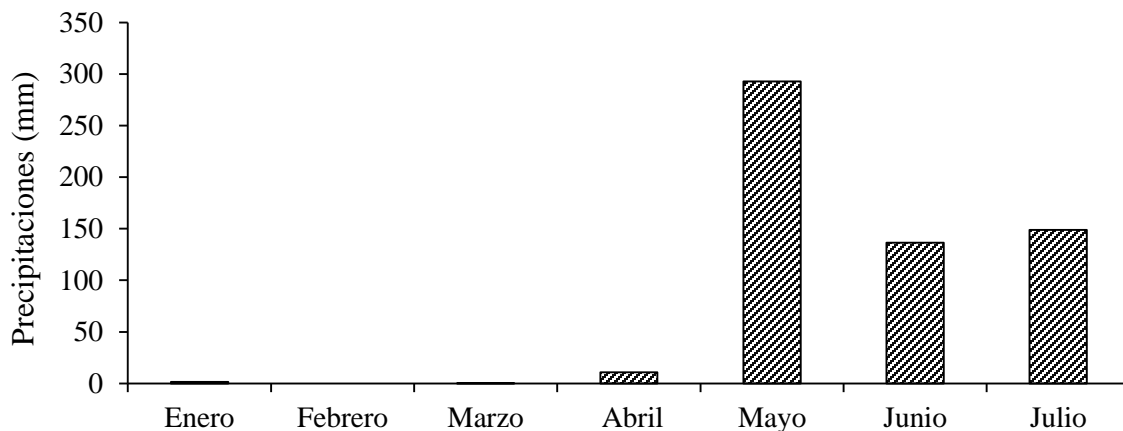


Figura 2. Precipitaciones acumuladas mensuales en la finca El Plantel, Masaya 2017.

3.1.2. Suelo

Según el análisis de suelo realizado en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, el lugar donde se estableció el ensayo en la finca El Plantel cuenta con las siguientes características químicas (cuadro 1).

Cuadro 1. Propiedades químicas del suelo en la unidad experimental, finca El Plantel, Masaya 2017

pH	M.O	N	P	K	Ca	Mg
	(%)	(%)	(ppm)	meq/100 g suelo		
6.88	3.60	0.18	2.21	1.88	29.98	18.4
N	M	A	B	A	A	A

Fuente. Laboratorio de suelo y agua UNA. Clave. N: Neutro, A: Alto, M: Medio, B: Bajo.

3.2. Diseño metodológico

El estudio consistió en evaluar el crecimiento y rendimiento de maíz variedad NB 9043 aplicando tres dosis de biol procedente de dos fincas ganaderas ubicadas en el departamento de Boaco y un testigo que consistió en el uso de fertilizantes sintéticos, completo (NPK), fórmula 12-30-10 y urea al 46 % N, bajo riego complementario por goteo, el ensayo se realizó en la época de primera, en un diseño experimental bloques completos al azar (BCA) unifactorial propiamente dicho, arreglado en cuatro bloques y cuatro replicas.

Cuadro 2. Dimensiones del experimento, finca El Plantel, Masaya 2017

Dimensiones del experimento		
Parcela	4 m * 15 m	60 m ²
	5 m * 12 m	
Bloque	12 m * 20 m	240 m ²
Unidad experimental	12 m * 86 m	1 032 m ²

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Fertilización	Dosis	Aporte de N_T en kg ha⁻¹	
T₁	Biol	6 000 l Mz ⁻¹	8 540 l ha ⁻¹	150.3
T₂	Biol	8 000 l Mz ⁻¹	11 386 l ha ⁻¹	200.3
T₃	Biol	10 000 l Mz ⁻¹	14 233 l ha ⁻¹	250.5
T₄ (Testigo)	Completo 12-30-10	2 qq Mz ⁻¹	129.37 kg ha ⁻¹	75
	Urea 46 % (N)	2 qq Mz ⁻¹	129.37 kg ha ⁻¹	

Clave: l ha⁻¹: litros por hectárea, kg ha⁻¹: kilogramos por hectárea.

3.3. Variables evaluadas

Para la toma de datos se seleccionaron 12 plantas al azar de cada parcela útil, fueron señaladas con una cinta plástica color azul, se realizaron mediciones a los 30 dds, 40 dds y 55 dds durante el crecimiento y cosecha a 107 y 112 dds.

3.3.2. Variables de crecimiento

Altura de planta (cm)

Se realizó desde la superficie del suelo hasta la inserción de la hoja bandera, con el uso de cinta métrica de 5 m, efectuando dos mediciones, a 28 dds y 39 dds.

Diámetro del tallo (mm)

Se realizó en el entrenudo de la parte media del tallo, haciendo uso de vernier (pie de rey). A los 28 dds y 39 dds.

Número de hojas por planta

Se contabilizó el número de hojas totales en la planta iniciando de la parte inferior hacia la superior, se realizaron dos mediciones, a los 28 dds y 39 dds.

Altura de la primera y segunda inserción de la mazorca (cm)

Con una cinta métrica se procedió desde la base del tallo hasta la inserción de los chilotes a 58 dds

3.3.3. Variables de rendimiento

Longitud de mazorca (cm)

Se midió desde la base del pedúnculo hasta su ápice de haciendo uso de la cinta métrica a los 107 dds.

Diámetro de mazorca (mm)

Se realizó en 12 mazorcas por parcela útil, se midió el diámetro en el centro utilizando un vernier (pie de rey).

Número de hileras por mazorca

Se contó el total de hileras en la parte central de cada mazorca, posteriormente se determinó el valor promedio de hileras por mazorca.

Número de granos por hilera

Se contabilizó el número de granos por hilera desde la base hasta el ápice de cada mazorca, para cada mazorca se eligió al azar una hilera y luego se determinó el valor promedio de hileras por mazorca.

Número de granos por mazorca

Se obtuvo del producto de multiplicar el número de hileras por mazorca y número de granos por hilera a los 107 dds.

Peso de 1 000 granos (g)

Se tomaron ocho réplicas de 100 semillas de cada parcela útil, después se pesó cada réplica por separado y se calculó el valor promedio, el promedio se multiplicó por diez para obtener el peso de mil granos.

Rendimiento en (kg ha⁻¹)

Se realizó después de desgranar las mazorcas de cada parcela útil, estableciendo el peso del grano por parcela, el rendimiento se determinó ajustando el grano cosechado al 14 % de contenido de humedad utilizando la siguiente fórmula.

$$P_f = \frac{P_i (100 - H_i)}{(100 - H_f)}$$

Donde:

P_i: Peso inicial (kg)

H_i: Contenido de humedad inicial de la semilla (%)

P_f: Peso final de la semilla (kg)

H_f: contenido de humedad final de la semilla (14 %)

3.4. Recolección de datos

Se diseñó un formato de recolección para cada variable, se realizaron tablas adecuadas para cada variable, donde se escribieron los datos que se realizaron en cada visita al campo.

3.5. Análisis estadístico

Todos los resultados obtenidos en campo fueron manejados y procesados en bases de datos, utilizando los programas Word 2013, Excel 2013 e Infostat, donde se procesaron estadísticamente a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de rangos múltiples de TUKEY al 95 % de confiabilidad para las variables de crecimiento y rendimiento.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \varepsilon_{(ij)}$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado.

i = 4 dosis

j = 4 bloques

μ = Media muestral para todas las variables

β_i = Es el efecto del i -ésima dosis de biol

α_j = Es el efecto de la j -ésimo bloque

ε_{ij} = Es el error de $(\beta\alpha)_{ij}$

3.6. Características de la variedad

NB 9043 es una variedad sintética con alto potencial de rendimiento, tolerante a la pudrición con excelente cobertura de mazorca. Se puede sembrar desde el nivel del mar hasta los 1 800 msnm, en terrenos con pendientes de hasta 30 %, se adapta a suelos francos, franco-arenosos y areno-arcillosos, con pH entre 6.5 y 7, precipitación entre 800 a 1 600 mm por ciclo, temperaturas entre 25 y 32 °C (INTA, 2013).

3.7. Descripción del proceso de producción y aporte nutricional del biol

Es un biofertilizante líquido, resultado de un proceso de descomposición y fermentación en ausencia de oxígeno (anaeróbica) de residuos orgánicos vegetales y animales que contiene nutrientes de alto valor nutritivo (nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos) que estimula el crecimiento, desarrollo y producción en las plantas (Esprella, 2012).

El biol tiene dos componentes: una parte sólida y una líquida, la primera es conocida como biosol y se obtiene como producto de la descarga del biodigestor donde se elabora el biol la parte líquida es conocida como fertilizante foliar.

Se obtiene mediante la fermentación, en un biodigestor de domo fijo donde se da mediante la carga de estiércol fresco y agua a una mezcla a proporción 1:2, un bidón de agua más dos bidones (20 litros) de estiércol de bobino, llega a la cámara de digestión, aquí se crean tres niveles, volumen de biodigestor, volumen de almacenamiento del biogás y volumen muerto, luego se da la salida del biogás y del biofertilizante (figura 3).

Cuadro 4. Características químicas del biol utilizado en el estudio, finca El Plantel, Masaya 2017

Biofertilizante	Características químicas									
	pH	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
				%			ppm	ppm	ppm	ppm
Biol	7.14	1.76	0.18	3.11	16.57	12.30	30.52	5.45	36.70	7.72

Fuente: Laboratorio de suelo y agua, UNA, 2017.

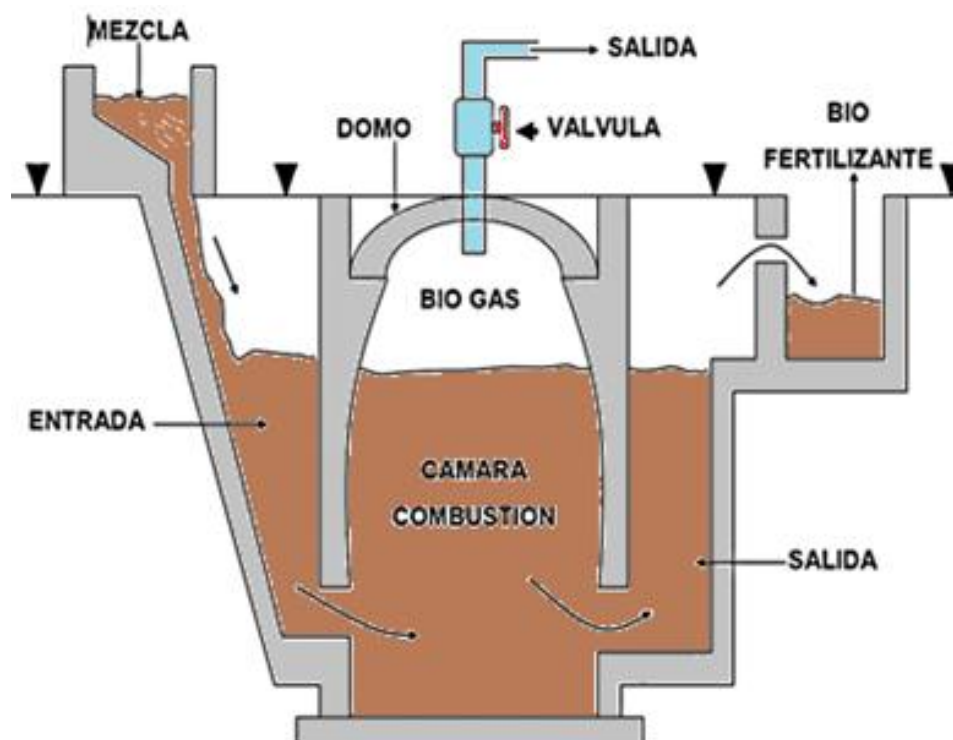


Figura 3. Esquema del proceso de producción de biogás y biol.

3.7. Manejo agronómico

Este fue homogéneo para todos los tratamientos y sus repeticiones exceptuando el tipo de fertilización y las dosis aplicadas.

3.7.1. Preparación del suelo

Se realizó de manera mecanizada, con tracción motriz, se efectuó un pase de arado, dos de grada y el surcado, esto se realizó en la primera semana de mayo.

3.7.2. Siembra

Se inició con la selección de la semilla, en este caso se estableció la variedad NB 9043 actividad que se realizó en la segunda semana del mes de mayo en la época de primera. El espaciamiento entre surcos fue de 1 m y entre plantas 0.15 m para una densidad poblacional de 66 666 plantas por hectárea.

3.7.3. Riego

El ensayo se manejó riego por goteo de manera complementaria en los momentos en que no hubo precipitaciones y la plantación de maíz requería agua. Para el cálculo de la lámina bruta de agua, se consideró la precipitación, evapotranspiración promedio por día y la eficiencia del riego.

La aplicación de riego en el área fue de 5.56 mm por día, por tanto, correspondía un volumen de agua de 0.83 litros por planta por día, en un tiempo de riego de 1.11 horas, correspondiendo a un volumen por día en todo el experimento de 5.73 m³, para un total de 57.3 m³ (correspondiente a 10 días de riego). El período que el cultivo de Maíz requiere agua es de 80 días (458 mm), de los cuales solamente se regó 10 días, los restantes días fueron suplidos por las precipitaciones (Figura 4).



Figura 4. Sistema de riego por goteo instalado en el experimento, finca El Plantel, Masaya 2017.

3.7.4. Fertilización

Se realizó fertilización básica al momento de la siembra aplicando a tres tratamientos un 20 % de la dosis menor de biol directo al suelo, Las siguientes aplicaciones se realizaron de la siguiente manera cuadro 5.

Cuadro 5. Descripción de las dosis y momento de aplicación de los fertilizantes, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Dosis de biol en en l p ⁻¹							
	Siembra (Básica Edáfica)	20 dds 5 % foliar	21 dds 15 % edáfica	28 dds 8 % foliar	35 dds 15 % foliar	40 dds 30 % edáfica	47 dds 15 % foliar	52 dds 12 % edáfica
T₁	17	2.56	7.69	4.10	7.69	15.37	7.69	6.15
T₂	17	3.41	10.25	5.47	10.25	20.50	10.25	8.20
T₃	17	4.26	12.81	6.83	12.85	25.62	12.81	10.25
T₄	0.77 kg p ⁻¹ (12-30-10)			0.77 kg p ⁻¹ Urea 46 %				

Clave: dds: días después de la siembra, l p⁻¹: Litros por parcela, kg p⁻¹: kilogramos por parcela.

3.7.5. Manejo de malezas

El manejo de malezas se realizó a los 13, 27 y 48 días después de la siembra, esta práctica se ejecutó de manera manual con machete y azadón.

3.7.6. Manejo de plagas

Se aplicó CIPERMETRINA 25 EC a los 14, 21, 28, 35, 40 días después de la siembra, para reducir el nivel poblacional de cogollero (*Spodoptera frugiperda*), realizando cinco aplicaciones de este producto a una dosis de 10 cc por bomba de 20 litros.

3.7.7. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual al concluir el ciclo del cultivo a los 105 dds separaron las mazorcas de cada tratamiento para sus respectivas mediciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables de crecimiento

Al realizar el análisis estadístico, reflejó que hubo diferencia significativa en algunas variables ligadas al crecimiento del maíz como: el diámetro, altura de la planta, altura a la primera y segunda inserción de la mazorca.

4.1.1. Altura de planta (cm)

La altura de planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento, es indicativo de la velocidad de crecimiento, está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, lo que a su vez son dirigidos a los granos del fruto; esta puede ser afectada por: espaciamiento con otras plantas, cantidad y disposición de nutrientes, humedad en el suelo, cantidad de luz (Somarriba, 1998).

El análisis de varianza por Tukey con un 95 % de confianza para la variable altura de la planta, tomada a los 28 dds, mostró diferencia estadística, reflejando los promedios más altos el T₄ con 42.75 cm, seguido por el T₃ con 36.98 cm. A los 39 dds manifestó diferencia estadística obteniendo promedio más alto el T₄ con 108.71 cm, seguido el T₃ con 94.04 cm.

Este resultado coincide con estudio realizado por (Peña J, 2011) utilizando biofertilizante y fertilizante sintético, el uso de biol no presentó diferencias para esta variable.

Cuadro 6. Resultado del análisis estadístico para la altura de la planta (cm), finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	28 dds	39 dds
T ₁	37.51 ab	96.05 b
T ₂	36.58 b	93.27 b
T ₃	36.98 ab	94.04 b
T ₄	42.75 a	108.71 a
P ≤ 0.05	0.0224	0.0102
CV (%)	28.76	25.97

4.1.2. Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo es de gran importancia en el cultivo de maíz, está directamente relacionada con la densidad poblacional y la cantidad de Nitrógeno disponible (Cuadra 1988), el maíz es un cultivo que se ve afectado frecuentemente por fuertes vientos que provocan el doblamiento de los tallos, el aumento del grosor del tallo es una característica deseable para disminuir el acame (Alvarado y Centeno 1994).

Realizado el análisis estadístico a la variable diámetro del tallo, tomada a los 28 dds refleja diferencia estadística, obteniendo los valores con mayor promedio el tratamiento T₄ con 9.8 mm, seguido por el T₁ con 8.04 mm, a los 39 dds se obtuvo diferencia estadística obteniendo el diámetro con mayor promedio el T₄ con 19.03 seguido del T₁ con un promedio de 17.08 cm.

Según (Blessing y Hernández 2009) Las altas densidades de siembra y la competencia por luz con las malezas provocan una elongación de los tallos, entrenudos más largos y plantas más altas, reduciendo el grosor de los tallos y aumentando las posibilidades de acame de las plantas. Los tallos delgados es un símbolo de raquitismo por deficiencia nutricional del vegetal. La densidad poblacional pudo haber sido decisivo en el diámetro del tallo

Cuadro 7. Resultado del análisis estadístico del diámetro del tallo (cm), finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	28 dds		39 dds	
T ₁	8.04	ab	17.08	ab
T ₂	7.74	ab	16.23	b
T ₃	7.32	b	16.18	b
T ₄	9.08	ab	19.03	ab
P ≤ 0.05	0.0079		0.0027	
CV (%)	32.07		24.41	

4.1.3. Número de hojas por planta

Según (Peña, 2011), describe que el número de hojas está determinado por factores genéticos, sin embargo, podría ser influenciado por la falta de nutrientes.

El déficit de agua durante el periodo de establecimiento en el cultivo de maíz retrasa el desarrollo y produce una planta menos vigorosa, cuando tienen lugar un déficit de agua durante el periodo vegetativo inicial, se produce menos superficie foliar, lo que ocasiona una reducción de rendimiento (López y Morales 2014). En esta investigación el riego fue homogéneo y estuvo a la disposición del cultivo en todo momento.

El análisis estadístico realizado a la variable número de hojas por planta medido a los 28 y 39 dds, en ambas fechas mostró que no existe diferencia significativa.

Cuadro 8. Resultado del análisis estadístico para el número de hojas por planta, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	28 dds	39 dds
T₁	5.52	9.44
T₂	5.77	9.06
T₃	5.58	9.25
T₄	5.90	9.98
P ≤ 0.05	0.4041	0.0586
CV (%)	21.77	18.26

4.1.4. Altura de la primera y segunda inserción de la mazorca (cm)

La altura de la primera inserción de la mazorca está relacionada directamente con el rendimiento del cultivo (Celiz y Duarte, 1996).

El análisis estadístico realizado a la variable altura de la primera inserción de la mazorca, tomada a los a los 58 dds, reflejó diferencias estadísticas obteniendo el mayor promedio el T₄ con 80.89 cm, seguido por el T₃ con 67.97 cm. En el caso de la segunda inserción de la mazorca, tomada a los 58 dds esta variable mostró diferencia estadística, obteniendo los promedios más altos el T₄ con 96.30 cm seguido por el T₃ con 83.71 cm.

Según (Maya, 1995) describe en su investigación que las hojas superiores y medias a la inserción de la mazorca son decisivas en la producción del grano, ya que son las principales proveedoras de carbohidratos, y que las hojas inferiores contribuyen relativamente poco, mientras menor sea la altura de la inserción de la mazorca, la planta tendrá mayor cantidad de hojas superiores que le provean de nutrientes.

Cuadro 9. Resultado del análisis estadístico de la altura de la primera y segunda inserción de la mazorca (cm), finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	A P I M	A S I M
T₁	67.84 b	81.7 b
T₂	67.87 b	82.66 b
T₃	67.97 b	83.71 b
T₄	80.89 a	96.30 a
P ≤ 0.05	0.0002	0.0001
CV (%)	23.62	20.33

Clave. A P I M: Altura de la primera inserción de la mazorca, A S I M: Altura de la segunda inserción de la mazorca.

4.2. Variables de rendimiento

Realizado el análisis estadístico para las variables ligadas al rendimiento tomadas a 107 y 112 dds, se obtuvo diferencia significativa para la longitud de la mazorca, número de granos por hileras y peso de 1 000 granos.

4.2.1. Diámetro de mazorca (mm)

Según (López y Morales 2014), el diámetro de mazorca forma parte de la fase reproductiva, en la que se requiere de actividad fotosintética y gran absorción de agua y nutrientes. Si los eventos mencionados son adversos, se afecta el tamaño de la espiga en formación, y por consiguiente se obtiene menor diámetro de mazorca que al final repercute en bajos rendimientos.

Realizada la evaluación mediante el análisis estadístico con la prueba de Tukey al 95 %, para diámetro de mazorca, estos reflejan que no hay diferencia estadística. Lo anterior indica que puede aplicar cualquier tipo de fertilizante y de las dosis consideradas en este estudio.

4.2.2. Longitud de mazorca (cm)

Mediante el análisis estadístico realizado a la longitud de la mazorca, se encontró diferencia estadística, reflejando mejores resultados el T₄ con 15.40 cm, seguido el T₁ con 13.94 cm.

Según (Cuadra 1988), Describe que altos niveles de Nitrógeno tienen influencia positiva sobre componentes del rendimiento, entre ellos la longitud de mazorca sin embargo las plantaciones sometidas a altas densidades poblacionales produzcan mazorcas con tamaño reducido.

4.2.3. Número de hileras por mazorca

Al realizar el análisis estadístico, para el número de hileras por mazorca, no hay diferencias significativas, alcanzando el mayor promedio el T₄ con 12.88 acercándose a este promedio el T₃ con 12.81 (Cuadro 10).

Según (Cantarero y Martínez 2002), el número de hileras por mazorca depende del diámetro que tenga y de la variedad de maíz utilizada.

4.2.4. Número de granos por hilera

Al evaluar el número de granos por mazorca el análisis estadístico, revela los valores medios encontrando diferencias significativas, siendo el T₄ quien mostró mayores promedios con 33.79, aproximándose en segundo lugar el T₃ con 30.44 (Cuadro 10).

Según (Flores y Duran 1997), describe que existe un leve aumento en granos por hilera conforme aumentan los niveles de nitrógeno, comparado con este estudio a nivel que se aumentaban las dosis de biol incrementaban las dosis de N, por lo tanto, las dosis más altas obtienen mayores promedios de número de granos por hilera.

4.2.5. Número de granos por mazorca

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el número de granos por mazorca, tomada a los 107 dds, refleja que no existe diferencias significativas entre los tratamientos. (Jugenheimer 1990), afirma, el número de granos está relacionado con la longitud y el número de hileras por mazorca (Cuadro 10).

4.2.6. Peso de 1 000 granos (g)

Al realizar el análisis estadístico para el peso de 1 000 granos tomado a los 112 dds se obtuvo diferencia significativa, alcanzando los resultados promedios más altos el T₄ con 350 g, seguido por el T₃ con 320 g (Cuadro 10).

Hernández *et al* (2014), en su investigación de biol + harina de ave + melaza, biol + suero + melaza y biozyme describe que el biol genera un incremento en el peso del grano obteniendo resultado de 789 g. En este estudio se considera la combinación de biol con otros fertilizantes orgánicos.

4.2.7. Rendimiento en (kg ha⁻¹)

Según (Hernández y Soto 2012), el rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha, la productividad de un cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento y partición de materia seca hacia destinos reproductivos, por otro lado, cambios en la fecha de siembra del cultivo de maíz modifican la respuesta del rendimiento en grano.

Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza para el rendimiento en kg ha⁻¹ a 112 dds, refleja que no existe diferencia significativa, los promedios más altos se obtuvieron con el T₄ con un rendimiento promedio 3 061.88 kg ha⁻¹ (67.5 qq Mz⁻¹) seguido del T₃ con un rendimiento de 2 731.25 kg ha⁻¹ (60.2 qq Mz⁻¹).

Algunos factores a considerar en el rendimiento son: el mejoramiento genético, el manejo del cultivo, condiciones de suelo y clima, estos son componentes relacionados directamente con el rendimiento del maíz. (Jugenheimer, 1990).

Aunque el resultado estadístico indique que no existen diferencias entre los cuatro tratamientos evaluados, es el tratamiento T₄ quien muestra mayor promedio con 3 061.88, si tomamos como base el tratamiento T₄ (testigo) y lo igualamos a 100 %, el tratamiento T₃ estaría por debajo del T₄ en un 11 %, el T₂ en un 18 % y finalmente el T₁ en un 23 %. Podríamos tomar como tratamiento alternativo el tratamiento T₃ que corresponde a una dosis de 14 233 litros de biol por hectárea, ya que obtuve rendimientos inferiores al Testigo solamente en un 11 % (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultado del análisis estadístico realizado a las variables de rendimiento, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	107 dds						112 dds	
	D M (mm)	L M (cm)	N H M	N G H	N G M	P M G (g)	Rendimiento Kg ha ⁻¹	
T ₁	4.54	13.40 b	12.56	30.34 b	30.44 a	318.32 b	2 357.50	
T ₂	4.62	13.79 b	12.68	30.43 b	30.53 a	318.34 b	2 515.63	
T ₃	4.66	13.94 b	12.81	30.44 b	30.54 a	320.01 b	2 731.25	
T ₄	4.76	15.40 a	12.88	33.79 a	33.79 a	350.02 a	3 061.88	
P ≤ 0.05	0.075	0.003	0.162	0.042	0.127	0.045	0.631	
CV (%)	8.55	19.41	14.33	21.34	25.51	4.74	29.50	

Clave. D M: Diámetro de la mazorca, L M: Longitud de la mazorca, N H M: Número de hileras por mazorca, N G H: Número de granos por hileras N G M: Número de granos por mazorca, P M G: Peso de mil granos.

4.3. Análisis económico

El análisis económico incluye los rendimientos medios obtenidos de cada tratamiento, el rendimiento ajustado y el beneficio bruto del campo, se toma en cuenta el total de costos que varían para cada tratamiento (cuadro 8).

En el análisis aplicado, se obtuvo que la mejor relación beneficio costo (RB/C) la obtuvo el tratamiento T₄ con C\$ 3.34 (córdobas), seguido por el tratamiento T₁ con C\$ 2.56. Estadísticamente el tratamiento T₃ podría ser una opción alternativa a la fertilización sintética, pero vemos que económicamente el tratamiento alternativo es el T₁ (8 539.8 litros de biol por hectárea) ya que es el tratamiento de menor volumen de biol aplicado al cultivo y quien en comparación con los otros tratamientos de biol presentó los menores costos.

Cuadro 11. Análisis económico aplicado a los tratamientos evaluados en finca El Plantel
Masaya 2017

Indicadores	Tratamientos			
	T₁	T₂	T₃	T₄
Rendimiento kg ha⁻¹	2 357.50	2515.63	2 731.25	3061.88
Rendimiento ajustado al 10 %	2 121.75	2 264.06	2 458.12	2 755.69
Precio C\$ kg⁻¹	13.00	13.00	13.00	13.00
Ingreso bruto en C\$ ha⁻¹	27 582.75	29 432.87	31 955.62	35 823.99
Costo de preparación de suelo C\$	3 600.00	3 600.00	3 600.00	3 600.00
Costo de Semilla C\$	521.00	521.00	521.00	521.00
Costo en insecticidas C\$	250.00	250.00	250.00	250.00
Costo en fertilizantes C\$	341.59	455.46	569.32	3 416.00
Costo de aplicación de fertilizantes C\$ ha⁻¹	3 025.22	4 033.63	5 042.04	474.43
Costos totales C\$	7 737.81	8 860.09	9 982.36	8 261.43
Beneficio neto C\$ ha⁻¹	19 844.94	20 572.78	21 973.27	27 562.57
Relación B/C	2.56	2.32	2.20	3.34

V. CONCLUSIONES

Las dosis en estudio reflejaron diferencias estadísticas en las variables de crecimiento y en algunas de rendimiento: diámetro de la planta, altura de la planta y altura a la primera, segunda inserción de la mazorca y longitud de la mazorca, número de granos por hilera, peso de 1 000 granos desatándose el tratamiento convencional T₄ (2 qq Mz⁻¹ 12-30-10 y 2 qq Mz⁻¹ urea 46 % N).

La variable rendimiento no difiere estadísticamente en los niveles en estudio, los tratamientos que mostraron los mayores rendimientos fueron el T₄ y T₃ con 3 061.88 kg ha⁻¹ (2 qq Mz⁻¹ 12-30-10 y 2 qq Mz⁻¹ urea 46 % N) y 2 731.25 kg ha⁻¹ (10 000 l Mz⁻¹).

El análisis económico reflejó que la mejor relación de beneficio costo (RB/C) la presentó el tratamiento testigo T₄ (2 qq Mz⁻¹ 12-30-10 y 2 qq Mz⁻¹ de urea 46 % N) con 3.34 córdobas, seguido por el T₁ (6 000 l Mz⁻¹) con 2.56 córdobas. La menor relación RB/C la presentó el T₃ (10 000 l Mz⁻¹) con 2.20 córdobas.

VI. RECOMENDACIONES

Continuar con estudios sobre la misma temática que permitan demostrar si los resultados se mantendrán a través del tiempo y si la fertilización orgánica utilizando biol iguala o supera los rendimientos obtenidos con las dosis de fertilizante sintético.

Realizar más investigaciones proponiendo dosis calculadas a partir de la demanda del cultivo, análisis de químico – físico de suelo y el análisis químico del biol, para obtener información más acercada a la nutrición del cultivo en estudio.

VII. LITERATURA CITADA

- Alvarado, E. y Centeno, A. (1994). Efectos de sistemas de labranzas, rotación y control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.). Y sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Andino, Bermúdez, R. I. y Martínez, Arcia., K. A. (2015). Biodigestor: Una Alternativa de Innovación Socio – Económica Amigable con el Medio Ambiente. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua. p .25.
- Ángeles, Arrieta, H. H. (Enero 2000). Mejoramiento genético del maíz en México: el INIA, sus antecesores y un vistazo a su sucesor, el INIFAP. *Agricultura Técnica en México*. 26(1), p.20. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/detail.action?docID=10638655&p00=origen+del+maiz>
- Blessing Ruiz D. M y Hernández Morrison G. T. (2009). Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la finca El Plantel. 2007-2008(Tesis de pregrado), Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua. p .9.
- Cantarero Herrera, R. J. y Martinez Torrez, O. A. (2002). Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Variedad NB-6. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Cárdenas, Moraga, M. J y Hondoy, López D. A. (2017) Efecto de biol como fertilizante orgánico en tres cultivares de *pennisetum purpureum*. El Coral – Chontales, Nicaragua, 2016 – 2017. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. p.13.
- Castillo, Cajina, R. y Moreno., R. B. (Noviembre 2013). Caracterización del cultivo de maíz en Nicaragua: un análisis de varianza de los determinantes del rendimiento. *Banco central de Nicaragua*. 19(5). pp 2-3. Recuperado de http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/estudios/2014/DT33_Documento_final_Caracterizacion_del_maiz.pdf

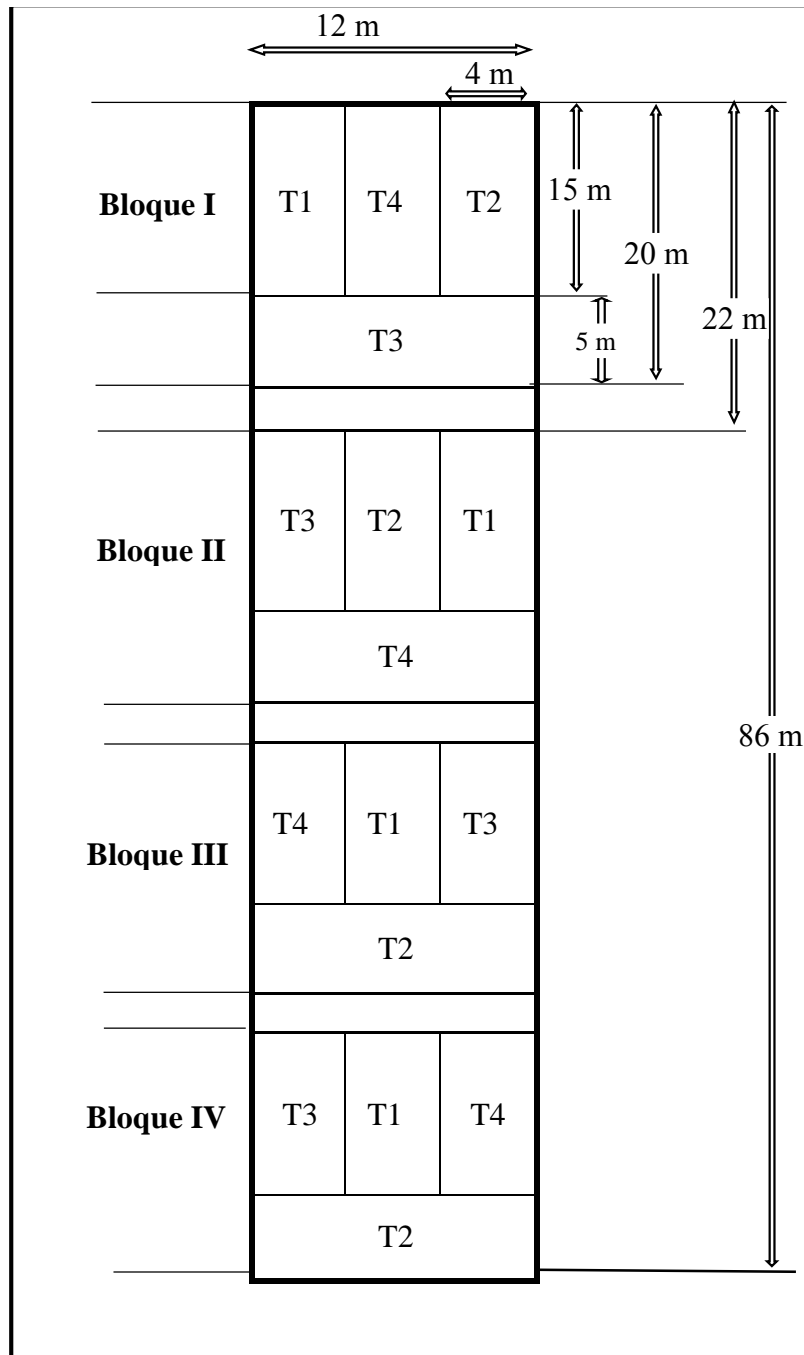
- Celíz, Granera, F. R y Duarte, Canales, R. J. (1996). Efecto del arreglo topográfico (doble surco) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos del maíz (*Zea mays* L.) como cultivo principal, en asocio con la leguminosa (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. p.11.
- CIMMYT. (1988). Un manual metodológico de evaluación económica: *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos* México, DF, p. 9 Recuperado de <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>.
- Cuadra, Romano, M. (1988). Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento y poblaciones sobre el crecimiento rendimiento y desarrollo del maíz (*Zea mays* L.) Var. NB6. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. pp. 20-22.
- Esprella, Mamani, A. (2012), producción de biofertilizante a partir de residuos orgánicos mediante la implementación de un sistema biodigestor para la aplicación sobre cultivos en parcela. (Tesis de pregrado) instituto universitario de tecnología. Tucupita, Venezuela. p. 14. Recuperado de <http://www.iutllanos.tec.ve/ova/content/pdf/instituto%20universitario%20de%20tecnologia%20dr%20del%20mendoza/PROYECTOBIOFERTILIZANTE.pdf>
- FAO. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile. Ministerio de Energía. pp. 74 - 75. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
- Flores, Miranda J. y Duran, Lugo. R. (1997). Efecto de tres densidades de siembra y cuatro niveles de fertilización nitrogenada sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) híbrido H-INTA- 991. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. p. 25.
- Hernández, Chontal, M. A., Linares, Gabriel A., Tinoco Alfaro, C. A. y Rodríguez, Orozco., N. (Julio 2014). Efecto de la fertilización orgánica foliar y al suelo con “Biol” sobre el rendimiento y sanidad de maíz (*Zea mays*), en el ciclo O-I en Sayula de Alemán, Veracruz, México. *Revista Biológico agropecuario tuxan*. 2(3) 295-298 pp. Recuperado de <http://132.248.9.34/hevila/RevistabiologicoagropecuariaTuxpan/2014/no3/19.pdf>
- Hernández, Córdova, N. y Soto Carreño, F. (abril-junio, 2012) INFLUENCIA DE TRES FECHAS DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE ESPECIES DE CEREALES CULTIVADAS EN CONDICIONES TROPICALES. PARTE I. CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.). *INICA*. 33(2). pp. 44-49.

- Hernández, Téllez, S. A. Bustamante, López, S. N. (2017). Morfología y rendimiento de 32 genotipos introducidos y ocho naturalizados de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.) en Nicaragua, El Plantel-UNA, 2014. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. p. 4.
- INTA. (2013). Catálogo de semillas de granos básicos: Variedades de arroz, frijol, maíz y sorgo liberadas por el INTA. PAPSSAN. P. 37. Recuperado de <http://intapapssan.info/wp-content/uploads/2013/09/Cat%C3%A1logoSemillas2013.pdf>
- INTA. (Abril, 2010). Cultivo del maíz guía tecnológica para la producción de maíz (*Zea mays* L.). Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. 2(3). 1p. Recuperado de <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MAIZ%202010%202DA%20EDICION.pdf>
- Jugenheimer, R. W. (1990). Maíz: *variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. México D.F. ed. Limusa. pp. 42-228.
- López, López, J. C y Morales Hernández M. M. (2014) Efecto de la aplicación de tres láminas de riego en dos técnicas de riego sobre el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en la microcuenca El Espinal, Pueblo Nuevo, 2013. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. p. 22-26.
- López, Velásquez, N. A y Olivera, Moncada, G. (2017). Diagnóstico del uso y manejo del biol en fincas ganaderas de la zona seca de Nicaragua, julio 2015-enero 2016. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. p. 1.
- Luna, Herrera, F. E., y Pérez, Mendoza, E. J. (2012). Diseño de un sistema de riego por goteo utilizando energía fotovoltaica para 1.6 m² del cultivo del plátano en la finca “Ojo de Agua” en el municipio de San Francisco Libre, Managua. (Monografía) Universidad Nacional de ingeniería, Managua, Nicaragua. p. 2. Recuperado de <http://ribuni.uni.edu.ni/1089/1/38217.pdf>
- Maya Vega, N. C. (1995). Evaluación de siete genotipos de maíz (*Zea mays*, L) en cuatro localidades de Nicaragua (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. p. 36.
- MIFIC. (Junio, 2007). Maíz Blanco Nicaragua. *Dirección de Política Comercial Externa*, 1(1). 3 p. Recuperado de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/NE71N583m.pdf>

- Molina, F. L., Palacios, C., y Martínez, M. (2010). *Granos básicos: maíz, frijoles y sorgo*. Nicaragua. Cuculmecca. p. 8. Recuperado de <http://inprhusomoto.org/wp-content/uploads/2017/01/INPRHU-SOMOTO - Granos B%3%A1sicos.pdf>
- PPCC. (2018). Plan de producción consumo y comercio ciclo 2017- 2018 p. 25. Recuperado de <http://www.bcn.gob.ni/publicidad/img/landscape/Plan%20de%20Producci%C3%B3n%20Consumo%20y%20Comercio%20Ciclo%202017%202018.pdf>
- Peña, Quiroz, J. L. (2011). Evaluación de la producción de chilote en el cultivo de Maíz (*Zea mays*, L) variedad HS-5G utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes “Kc” y “Ky”, bajo riego. Finca Las Mercedes, Managua, 2009. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. p.18-19
- Ramírez, G. A. (2001). *Riego por goteo simplificado*. México, Instituto Politécnico Nacional p.11 Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/detail.action?docID=10428288&p00=Riego+por+goteo>
- Rodríguez, Castillo A. S. (2014). *INFLUENCIA DE TRES DOSIS DE BIOL EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO (Zea mays L.)*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Recuperado de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/865/1/RODR%C3%8DGUEZ_ANTHONY_CULTIVO_MAIZ_FORRAJERO.pdf
- Sañudo, J. Á. G., Romero, M. V., Peña, P. S., Terraza, S. P., & Verdugo, S. H. (2013). Fertilización con vermicomposta en maíz criollo y su tasa de descomposición en el suelo. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental*, 4(1), 41-43. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1470877386?accountid=165672>
- Somarriba, Rodríguez, C. (1998). Texto Granos básicos. pp. 7-12. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/2704/1/NF01S693g.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo del ensayo en maíz en la finca El Plantel, Masaya 2017.



Anexo 2. Diseño agronómico del riego por goteo, Finca El Plantel Masaya 2017.

Lámina bruta de riego (L_b)

$$E_{vtp} \text{ (promedio)} = 5 \text{ mm/día}$$

$$L_n = E_{vtp}$$

$$L_b = \frac{L_n}{E_a}$$

$$L_b = \frac{5 \text{ mm/día}}{0.9} ; L_b = 5.56 \text{ mm/día}$$

Necesidad bruta del cultivo (N_b)

$$N_b = L_b * M_p$$

$$N_b = 5.56 \text{ mm/día} * 0.15 \text{ m}^2$$

$$N_b = 5.56 \text{ l/m}^2 * \text{día} * 0.15 \text{ m}^2$$

$$N_b = \mathbf{0.83 \text{ l/pta} * \text{día}}$$

Tiempo de riego

$$T_R = \frac{N_b}{q_a} ; T_R = \frac{0.83 \frac{\text{l}}{\text{pta} * \text{día}}}{0.75 \text{ l/h}} ; T_R = \mathbf{1.11 \frac{\text{horas}}{\text{pta} * \text{día}}}$$

Caudal total de aplicación (Q_T)

$$Q_T = N_b * N^\circ \text{ de plantas} ; Q_T = 0.83 \frac{\text{l}}{\text{pta} * \text{día}} * 6880 \text{ ptas}$$

$$Q_T = 5731.04 \text{ l} * 0.83 \frac{\text{l}}{\text{día}}$$

$$Q_T = 5.73 \text{ m}^3/\text{día} * 10 \text{ días} ;$$

$$Q_T = \mathbf{57.3 \text{ m}^3}$$

Donde

E_{vtp} = Evapotranspiración promedio en mm/día

L_n = Lámina neta en mm/día

L_b = lámina bruta en mm/día

E_a = Eficiencia de aplicación (90 % para riego por goteo)

M_p = Marco de plantación (área que se obtiene multiplicando el espacio entre surco por el espacio entre plantas) $1 \text{ m} * 0.15 \text{ m} = 0.15 \text{ m}^2$

q_a = Caudal del aspersor en litros/hora.

Q_T = Caudal total que se aplicará en todo el ciclo del cultivo en m^3 .

Anexo 3. Cálculo del costo de producción del biol utilizado en la finca El Plantel Masaya 2017.

Amortización a un biodigestor de 9 m³

$$\text{Tasa de amortización} = \left[\frac{(\$ 1\,500 * 31 \text{ C\$})}{(30 \text{ años})} \right] = \text{C\$ } 1\,550$$

$$\text{Tasa de amortización por día} = \text{C\$ } 1\,550 \left(\frac{\text{C\$ } 1\,550}{12 \text{ meses}} \right) \left(\frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \right) = 4.31 \text{ C\$ día}^{-1}.$$

Donde

Vida útil del biodigestor = 30 años

Costo de elaboración del biodigestor = 1500 dólares \$

Cambio de dólar a córdoba = (1 \$ = 31 C\$)

Costo de alimentación diaria del biodigestor (agua y estiércol fresco)

$$\text{Costo de alimentación} = \frac{(1 \text{ h} * \text{C\$ } 150)}{(7 \text{ h})} = 21.43 \text{ C\$ día}^{-1}$$

Donde

Tiempo en alimentar el biodigestor = 1 hora

Costo de día hombre = C\$ 150

Día hombre = 7 horas

Producción de biogás

1 biodigestor de 9 m³ produce un equivalente de 2 tanques de gas mensualmente

$$\text{Producción de biogás} = \frac{(\text{C\$ } 600)}{(30 \text{ días})} = 20 \text{ córdobas}$$

Donde

Ganancia de dos tanques de gas en un mes = C\$ 600

Días en producir dos tanques de biogás = C\$ 30

Costo de producción diaria de biol

$$\text{Producción de biol } (4.31 \text{ C\$ día}^{-1} + \text{C\$ } 21.43) \text{ C\$ } 20 = 5.74 \text{ C\$ día}^{-1}$$

Donde

Tasa de amortización = 4.31 C\$

Costo de manejo (alimentación) = 21.43 C\$

Ganancia diaria de biogás 20 C\$

Precio del biol

$$\text{Precio del biol} = \frac{(5.74 \text{ C\$})}{(140 \text{ litros})} = 0.04 \text{ C\$ litro}^{-1}$$

Donde

Costo de producción de biol = 5.74 C\$ día⁻¹

Producción diaria de biol 140 litros

Anexo 4. Preparación de suelo en la unidad experimental, finca El Plantel, Masaya 2017.



Anexo 5. Transporte de biol de fincas ganaderas de Boaco hacia la finca El Plantel, Masaya 2017.



Anexo 6. Instalación del sistema de riego por goteo en la unidad experimental, finca El Plantel, Masaya 2017



Anexo 7. Fertilización del maíz utilizando biol, finca El Plantel, Masaya 2017



Anexo 8. Manejo de malezas en la unidad experimental, finca El Plantel, Masaya 2017.



Anexo 9. Medición de variables de rendimiento, UNA 2017.



Anexo 10. Equipo de investigación valorando el porcentaje de humedad en el maíz, UNA 2017

