



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Uso de Biol, Urea y Combinados en la respuesta
agronómica y económica del cultivo de maíz
(*Zea mays* L.) HR-101, Municipio de Tipitapa,
Departamento de Managua, 2021**

Autores

**Br. Isaías Natanael Mena Bonilla
Br. Dixon Alexander López López**

Asesores

**Ing. MSc. Rodolfo de Jesús Munguía Hernández
Ing. Berklin Alexander Martínez Rivas**

**Managua, Nicaragua
Marzo, 2022**



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Uso de Biol, Urea y Combinados en la
respuesta agronómica y económica del cultivo
de maíz (*Zea mays* L.) HR-101, Municipio de
Tipitapa, Departamento de Managua, 2021**

Autores

**Br. Isaías Natanael Mena Bonilla
Br. Dixon Alexander López López**

Asesores

**Ing. MSc. Rodolfo de Jesús Munguía Hernández
Ing. Berklin Alexander Martínez Rivas**

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador
como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua
Marzo, 2022**

Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Comité Evaluador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: _____

DEDICATORIA

A Dios por haberme brindado sabiduría para llevar a cabo mi labor estudiantil, por regalarme salud, fuerza y conocimientos para salir adelante sobre mis estudios.

A mi madre, María de la Asunción Bonilla Jiménez, por ser el mayor pilar en mi vida, la persona que más me ha apoyado y brindado consejos para poder ser un joven de valores y lograr todos mis propósitos y metas.

A mi abuelita Ivannia del Carmen Jiménez Castillo por su apoyo incondicional y cuidados.

A mi abuelo Silvio Bonilla que, aunque no pudo estar conmigo para este logro, aunque sé que me mira desde el cielo.

A mi padre, Teodoro Mena Useda, por su apoyo y consejos para lograr terminar mi carrera universitaria.

A mis hermanas, Elizabeth Guadalupe Mena Bonilla y Silvana Gabriela Mena Bonilla por su apoyo y ser una fuente de inspiración para culminar mis estudios.

A mis tíos, Jazmín Isabel Bonilla Jiménez y Cidar Mena Useda por su apoyo.

A Miguel Alemán Cerda, por sus consejos y conocimientos que transmitió, que me ayudaron a poder concluir mis estudios.

Br. Isaías Natanael Mena Bonilla.

DEDICATORIA

A Dios padre celestial por haberme permitido culminar con éxito mi carrera profesional, por la sabiduría, el esfuerzo y capacidad de terminar una de mis grandes metas, porque a pesar de todo nunca se apartó de mí llenándome de paciencia pues estos diecisiete años no han sido fáciles, gracias por la perseverancia y fortaleza para cumplir este sueño que hoy ya es realidad.

A mi mamá Ana María López que también ha sido un padre para mí la que me apoyó y me seguirá apoyando en todas las metas y propósitos que me proponga, todo lo que soy como persona se lo debo a ella porque siempre estuvo en las buenas y en las malas durante el transcurso de mi formación académica y personal, aconsejándome y forjando valores de los cuales estoy muy orgulloso de tener.

!!Madre este titulado también te pertenece!!

A mis hermanos Sandra, Maryeli, Ileana, Luis, Elyin, Jasson, y Norvin López por ser un pilar fundamental para culminar mis estudios.

A mi tía Sandra Inés López por ser la persona que sembró la semilla en donde empezó esta larga pero grandiosa carrera.

Br. Dixon Alexander López

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la sabiduría y el entendimiento para poder alcanzar este logro, y mi familia por ayudarme a salir adelante.

A mi compañero de tesis y amigo Dixon Alexander López por su apoyo realizado en esta investigación.

de manera especial a nuestro asesor de tesis MSc. Rodolfo Munguía por compartir sus conocimientos, dándonos la oportunidad de poder llevar este trabajo de culminación.

De manera especial a nuestro coasesor de tesis por parte de ANF Ing. Berklin Martínez Rivas, por ayudarnos al brindarnos sus conocimientos y disposición en la etapa de campo de la investigación.

De manera muy personal a la universidad Nacional Agraria por haberme permitido formarme como un profesional.

A American Nicaraguan Foundation [ANF] por su apoyo financiero para llevar a cabo esta investigación.

Al personal laboral del Centro de Entrenamiento Agrícola por su apoyo en la etapa de campo de la investigación.

A Silvia Putoy y Ashley Reyes por su apoyo en la fase de campo de la investigación.

Br. Isaías Natanael Mena Bonilla.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme culminar exitosamente la carrera.

A mi familia por el apoyo incondicional para cumplir cada una de mis etapas en mi formación personal y profesional.

A mi compañero y amigo Isaías Natanael Mena Bonilla por ayudarme y colaborar en la realización de esta investigación.

A Ashley Nayhely Reyes y Silvia Nayzeth Putoy por ayudar en las actividades de campo realizadas en la investigación.

A nuestro tutor de tesis MSc. Ing. Rodolfo José Munguía por brindarnos su ayuda además de enriquecer y aportar de su experiencia y conocimiento a la elaboración de la tesis y a nuestra formación académica.

A nuestro coasesor ing. Berklin Alexander Martínez por el apoyo incondicional a través del Centro de Entrenamiento Agrícola quien nos abrió las puertas para realizar la tesis de investigación y trabajar en conjunto.

Agradecer al personal de campo del [CEA] por colaborar en la preparación y limpieza del terreno.

A mis compañeros y amigos los cuales me acompañaron desde mi formación inicial hasta universitaria.

Al personal docente y administrativo de la Universidad Nacional Agraria por aportar a mi formación personal académica.

Br. Dixon Alexander López

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Origen del maíz	4
3.2. Botánica del cultivo	4
3.3. Origen del Biol	4
3.4. Biofertilizante Biol	4
3.5. Importancia del Biol en la Agricultura	6
3.6. Antecedentes del uso de biofertilizante en maíz	7
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1. Ubicación del estudio	9
4.2. Condiciones climáticas del CEA	9
4.2.1. Temperatura	9

SECCIÓN	PÁGINA
4.2.2. Precipitación	10
4.3. Análisis Químico de suelo del área experimental	10
4.4. Análisis químico de Biol (CEA)	11
4.5. Diseño metodológico	12
4.5.1. Material biológico	12
4.5.2. Diseño experimental	12
4.5.3. Manejo agronómico	12
4.5.4. Variables a evaluar	14
4.5.5. Recolección de datos	17
4.5.6. Análisis de datos	17
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5.1. Respuesta en las variables de crecimiento por efecto de las aplicaciones de Biol, Urea 46 % y Biol+ Urea 46 %.	18
5.1.1. Altura de planta (cm)	18
5.1.2. Diámetro del tallo (mm)	19
5.1.3. Área foliar (cm ²)	19
5.2. Respuesta en las variables de rendimiento por efecto de las aplicaciones de Biol, Urea 46 % y Biol+ Urea 46 %.	20
5.2.1. Variables de rendimiento en estado de chilote	20
5.2.2. Variables de rendimiento en estado de elote	21
5.2.3. Variables de rendimiento en cosecha de mazorca	22
5.2.4. Variables de rendimiento de materia seca y de grano	23
5.3. Análisis económico	24
VI. CONCLUSIONES	27
VII. RECOMENDACIONES	28
VIII. LITERATURA CITADA	29

SECCIÓN	PÁGINA
IX. ANEXOS	33

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Composición química de Biol bovino y porcino reportado por Sistema Biobolsa (S.f)	7
2.	Análisis químico de suelo proveniente del área CEA, Tipitapa, 2022)	11
3.	Análisis químico efluente Biol de origen porcino del CEA, Tipitapa, 2021	11
4.	Tratamientos, fertilización y dosis aplicadas	13
5.	Resultados de ANDEVA de la variable altura de la planta (cm), Tipitapa, 2021	18
6.	Resultados de ANDEVA de la variable diámetro del tallo (mm), Tipitapa, 2021	19
7.	Resultados de ANDEVA de la variable área foliar (cm ²), Tipitapa, 2021	20
8.	Resultados de ANDEVA de las variables chilotes totales, peso (g) de tuza y elote, Tipitapa, 2021	21
9.	Análisis de los componentes del rendimiento en estado de elote de maíz	22
10.	Análisis de los componentes de rendimiento en estado de mazorca	22
11.	Análisis de los componentes del rendimiento por efecto de los tratamientos en el grano del maíz	24
12.	Costos variables y beneficios netos por alternativa tecnológica de fertilización	25
13.	Análisis de Dominancia de las alternativas tecnológicas de fertilización	26
14.	Análisis de tasa interna de retorno	26

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Diseño del biodigestor establecido para el estudio experimental	6
2.	Posición geográfica del Centro Experimental Agrícola de ANF	9
3.	Comportamiento de la Temperatura máxima y mínima en la zona de Tipitapa – Managua en el periodo de 1957 – 2021	10
4.	Comportamiento de la precipitación (mm) en la zona de Tipitapa-Managua del periodo de 1957-2021	10

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Plano de campo de la distribución de tratamientos a evaluar en el cultivo de maíz	33
2.	Delimitación del área de siembra	34
3.	Preparación del terreno para la siembra	34
4.	Siembra del maíz	34
5.	Instalación de riego	34
6.	Manejo de malezas a los 15 ddg	35
7.	Aplicación de Dipel para el control de cogollero	35
8.	Medición de variables de crecimiento del maíz	35
9.	Chinche del maíz (<i>Dichelops furcatus</i>)	35
10.	Etapas de floración del maíz	36
11.	Estado de chilote	36
12.	Cosecha de elotes	36
13.	Cosecha de elotes por tratamiento para medición de variables	36
14.	Pesaje de residuos de paja de maíz por tratamientos	37
15.	Residuos de paja de maíz	37
16.	Olote de maíz después de desgranado de las mazorcas	37
17.	Pesado total de grano por tratamiento	37
18.	Limpieza de grano de maíz	38
19.	Prueba de humedad en Dole	38
20.	Pesado de las muestras de grano seco molido	38
21.	Secado de muestras de grano y paja de cultivo en horno	38

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar el efecto de la aplicación de Biol, Urea y Biol + Urea 46 % en el cultivo de maíz en el crecimiento, rendimiento y su tasa interna de retorno. Se estableció un experimento unifactorial bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro bloques y establecidos cuatro tratamientos, siendo: T1 Urea 46 % (129 kg ha^{-1}) + Biol (113 l ha^{-1}), T2 Biol (196.87 l ha^{-1}), T3 Urea 46 % (258 kg ha^{-1}) y T4 Testigo (sin aplicación). Cada parcela experimental fue de $4 \times 6 \text{ m}$ (24 m^2), para un total de 384 m^2 . Los resultados indican que en altura de planta los tratamientos Testigo y Biol + Urea 46 % reflejaron diferencia estadística a los 15 ddg, (14.07 cm y 13.77 cm) y Biol + Urea 46 % a los 30 ddg (42.86 cm) respectivamente aplicando 129.1 kg ha^{-1} Urea 46 % + 113 l ha^{-1} de Biol. El rendimiento en chilote no mostro diferencia estadística entre los tratamientos; en estado elote hubo diferencia estadística, en peso de tuza (260.30 g), peso de mazorca (141.27 g) y longitud de la mazorca (15.95 cm) favorables a la aplicación Urea 46 % N en dosis de 129.1 kg ha^{-1} a los 25 y 35, este mismo tratamiento en estado mazorca fue diferente estadísticamente en diámetro de la mazorca (42.02 mm) y longitud de mazorca (14.77 cm). La producción de materia seca total refleja que no existen diferencias estadísticas en ninguna de las variables, sin embargo, el Biol + Urea 46 % obtuvo el valor más alto con $4,491.70 \text{ kg ha}^{-1}$. El rendimiento en grano no presento diferencias estadísticas, solo Biol sobresale numéricamente en peso de grano con $3,962.00 \text{ kg ha}^{-1}$. El análisis económico reflejo que el tratamiento Biol presento una Tasa Interna de Retorno de 695.53% , sometiéndose como la tecnología con mejor resultado en la investigación.

Palabras claves: Biol, Abonos Orgánicos, Rendimiento, Análisis Económico.

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the effect of the application of Biol, Urea and Biol + Urea 46% in corn cultivation on growth, yield and its internal rate of return. A unifactorial experiment was established under a Randomized Complete Block design (BCA) with four blocks and four treatments established, being: T1 Urea 46 % (129 kg ha⁻¹) + Biol (113 l ha⁻¹), T2 Biol (196.87 l ha⁻¹), T3 Urea 46% (258 kg ha⁻¹) and T4 Witness (without application). Each experimental plot was 4 x 6 m (24 m²), for a total of 384 m². The results indicate that in plant height the Witness and Biol + Urea 46% treatments reflected statistical difference at 15 ddg, (14.07 cm and 13.77 cm) and Biol + Urea 46% at 30 ddg (42.86 cm) respectively applying 129.1 kg ha⁻¹ Urea 46 % + 113 l ha⁻¹ of Biol. The yield in chilote did not show statistical difference between the treatments; in corn state there was a statistical difference, in weight of gopher (260.30 g), weight of cob (141.27 g) and length of the cob (15.95 cm) favorable to the application of Urea 46 % N in doses of 129.1 kg ha⁻¹ at 25 and 35, this same treatment in the ear stage was statistically different in ear diameter (42.02 mm) and ear length (14.77 cm). The total dry matter production reflects that there are no statistical differences in any of the variables, however, Biol + Urea 46% obtained the highest value with 4,491.70 kg ha⁻¹. The grain yield did not present statistical differences, only Biol stands out numerically in grain weight with 3,962.00 kg ha⁻¹. The economic analysis reflected that the Biol treatment presented an Internal Rate of Return of 695.53%, submitting itself as the technology with the best result in the investigation.

Keywords: Biol, Organic Fertilizers, Fertilization, Yield, Economic Analysis

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*. L) en Nicaragua, es uno de los cereales indispensable en la gastronomía, ya que está presente en una variedad de platillos y bebidas típicas del país. Para Paliwal (2001) “el maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales” (párr. 7)

Los nutrientes son elementos indispensables para la producción agrícola, los cuales están relacionados en las funciones metabólicas o estructurales de las plantas en donde no pueden ser sustituidos ya que estos mantienen la productividad y la sostenibilidad de la agricultura.

El (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], s.f.) para el cultivo del maíz recomienda “a la siembra aplicar 64 kg ha⁻¹ de completo (12-30-10 o 18-46-0)” con el propósito de brindarle al cultivo una base de macro elementos; adicionalmente recomienda “fertilizar a los 30 y 45 días con 45 kg ha⁻¹ de urea en cada aplicación”, debido a que son etapas en que el cultivo necesita elementos nutricionales para su desarrollo.

Para el INTA (s.f):

Los abonos orgánicos son todos aquellos que se preparan principalmente a partir de residuos de origen vegetal (hojas verdes, restos de cosecha, hojarasca descompuesta, ramas, etc.), animal (estiércol de diferentes especies animales, orina, etc.), otros materiales (como residuo de cocina, melaza, semolina). Cuando estos se descomponen, el suelo se ve enriquecido con materia orgánica y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

“Los abonos orgánicos de origen animal son componentes importantes en un sistema sostenible de producción de maíz” (Paliwal, 2001, párr.1). Para este autor, la producción animal asociados con los abonos orgánicos proporciona una cantidad de nutrientes que en el sistema son reciclados, que implica el uso de los propios recursos que se producen y son reutilizados como abono hacia el suelo.

El incremento de los insumos agrícolas como fertilizantes y productos químicos para la sanidad de los cultivos afecta principalmente a medianos y pequeños productores. Para Calero (2021) “los productores con bajos niveles económicos mermaran los rendimientos para el ciclo productivo 2021-2022”, este mismo autor también afirma “que estos disminuirán debido a la falta de financiamiento crediticio y a la variabilidad climática que se genera en el país”.

Dado el problema en el alza de los insumos agrícolas se realizó esta investigación para comparar el efecto de la aplicación de Biol, de Urea 46 % y Biol+ Urea 46 % en el cultivo de maíz, para determinar, si influye o no en el crecimiento y rendimiento de este y así proponerlo como una alternativa de fertilización para pequeños productores de Nicaragua que cuentan con biodigestores o tienen la accesibilidad a este producto, así también comparar la Tasa Interna de Retorno de los tratamientos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la respuesta del maíz variedad HR-101, a las aplicaciones de Biol, Urea 46 % y Biol + Urea 46 % comparado con testigo, en el crecimiento, rendimiento y su Tasa Interna de retorno.

2.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto de la aplicación de Biol, Urea 46 % y Biol + Urea 46 %, con respecto al testigo en el crecimiento y rendimiento de biomasa de maíz.
- Identificar el tratamiento con la mejor tasa interna de retorno (TIR) utilizando la herramienta de análisis económico de presupuesto parcial.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Origen del maíz

“El cultivo del maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta el Canadá y hacia el sur hasta la Argentina.” (Food and Agriculture Organization [FAO], s.f, párr. 4).

3.2. Botánica del cultivo

Según FAO (s.f) afirma que:

(*Zea. mays* L.), pertenece a la familia de las gramíneas, es una planta anual alta, dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Se trata de una especie que se reproduce por polinización cruzada. La flor femenina (elote, mazorca, choclo o espiga) y la masculina (espiguilla) se hallan en distinta posición de la planta. Las panojas, a menudo, una por tallo, son las estructuras donde se desarrolla el grano, en un número variable de hileras (12 a 16), produciendo de 300 a 1 000 granos, que pesan entre 190 y 300 g por cada 1,000 granos. El maíz es a menudo de color blanco o amarillo, aunque también hay variedades de color negro, rojo y jaspeado (párr. 2)

3.3. Origen del Biol

Según Coronel (2014), el Biol “surge de la necesidad de aumentar [*Sic*] los contenidos de nutrientes en el suelo y la productividad de los cultivos” este mismo autor señala que el propósito de “la producción de abonos orgánicos, surge de la idea de aprovechar todos los residuos que se pueden producir en la actividad ganadera como el estiércol. Las prácticas de gestión de estiércol disminuyen el impacto ambiental negativo, tales como la eliminación de olores y la generación de gases contaminantes, mediante la incorporación del abono orgánico (Biol).

3.4. Biofertilizante Biol

Los abonos de origen orgánicos se han convertido en uno de los pilares de la agricultura ecológica y ahora también como alternativa de fertilización en la agricultura convencional debido al incremento de los precios en los fertilizantes sintéticos. Entre los biofertilizantes está el Biol, originado de la descomposición anaeróbica de los estiércoles de animales domésticos, este ha sido utilizado por pequeños y medianos productores con el propósito de bajar sus costos de producción y a incrementar sus rendimientos ya que está constituido de ácidos orgánicos,

enzimas y hormonas que estimulan el crecimiento de la planta y actúan como protectores de plagas y enfermedades. Claire (2003), afirma que:

El Biol, es el principal producto de efluente y que está constituido casi totalmente de sólidos disueltos (nutrientes solubles) y agua. Es el efluente líquido que se descarga frecuentemente de un digestor. Por medio de filtración y floculación se puede separar la parte líquida de la sólida, obteniéndose así un biofactor que promueve el crecimiento de los vegetales. (citado por Coronel, 2014, p.22)

Al respecto, Restrepo (2001), señala que “la fabricación del Biol Porcino-vacuno se puede entender como un proceso de descomposición aeróbica o anaeróbica del estiércol por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los propios residuos, que bajo condiciones controladas se puede obtener un material óptimo”. (citado por Coronel, 2014, p. 28)

Suquilanda (2005), manifiesta que:

Para conseguir un buen funcionamiento del digestor, debe cuidarse la calidad de la materia prima o biomasa, la temperatura de la digestión (25-35 °C), el pH debe estar alrededor de 7.0 y las condiciones anaeróbicas del digestor que se da cuando este es herméticamente cerrado. Es importante considerar la relación de materia seca y agua que implica el grado de partículas en la solución. La cantidad de agua debe normalmente situarse alrededor del 90 % en peso del contenido total. Tanto el exceso como la falta de agua son perjudiciales. La cantidad de agua varía de acuerdo con la materia prima destinada a la fermentación. (citado por Coronel, 2014, p.22)

Un biodigestor está conformado de diferentes componentes y según Sistema Biobolsa (s. f.) en la Figura 1, se destacan:

1. Zona de recolección: corrales, chiqueros, zona de ordeño, cualquier superficie en la que se acumule suficiente excremento para recolección
2. Registro de alimentación
3. Entrada de reactor
4. Biobolsa (reactor): lugar en donde se realiza la digestión anaeróbica
5. Lodos (agua + estiércol)
6. Sellos de agua: Nivel de los lodos necesario

7. Salida de biogás
8. Salida de Biol
9. Tina de almacenamiento para Biol
10. Válvula de alivio: Alivia la presión del biogás del sistema. Siempre deberá estar llena de agua. No debe haber nada que obstruya el flujo de biogás entre el reactor y la válvula de alivio
11. Válvula de paso: es la válvula principal que controla el paso del biogás del reactor a los puntos de uso
12. Filtro para reducción biogás de ácido sulfhídrico

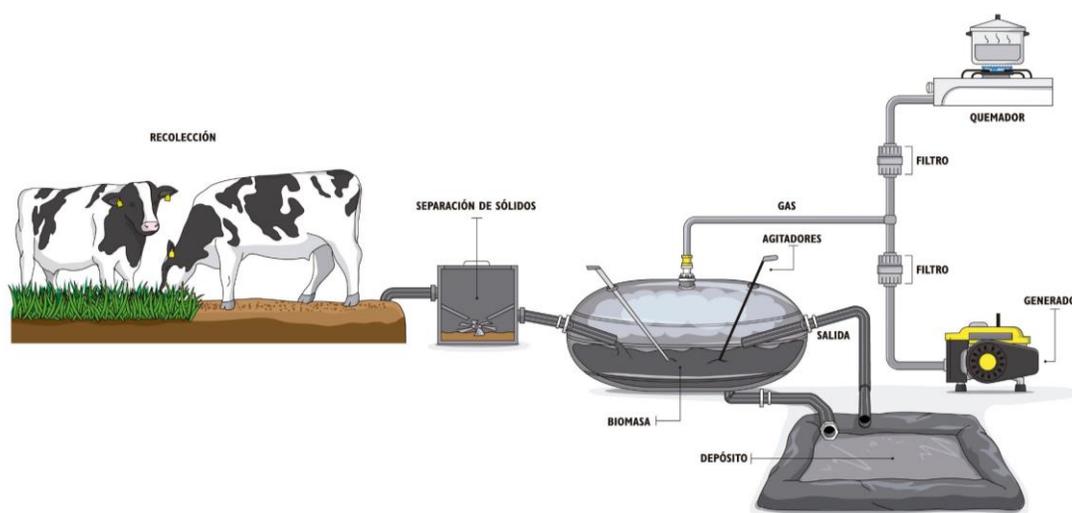


Figura 1. Diseño del biodigestor establecido para el estudio experimental, tomado de Sistema de biodigestor, Cruz (2016).

El Biol de origen bovino o porcino mantienen los contenidos de elementos minerales, entre los que se encuentran macronutrientes N, P, K y micronutrientes como Ca, Mg, Cu, Co, Fe, Mn y Zn después que han pasado un proceso de digestión y obteniendo un efluente que es utilizado en la fertilización. En el Cuadro 1, se reflejan los valores de las concentraciones de los elementos minerales macro y micro de análisis de muestras de Nicaragua.

3.5. Importancia del Biol en la Agricultura

Según el Centro de Multiservicios Educativos (CEMSE, 2011) afirma que el Biol es importante debido a sus bondades porque “promueve las actividades fisiológicas y estimula el desarrollo

de las plantas, permite un mejor desarrollo de las raíces, hojas, flores y frutos, son de rápida absorción para las plantas”. (p.2)

Cuadro 1. Composición química de Biol bovino y porcino reportado por Sistema Biobolsa (S.f).

Parámetro	Unidades de medida	Bovino	Porcino
Acidez del Biol	pH	6.91	7.29
Conductividad eléctrica	mS cm ⁻¹	6.70	10.30
Densidad	g cm ⁻³	1.00	0.97
Nitrógeno total	%	0.25	0.41
Fósforo (P ₂ O ₅)	%	0.17	0.05
Sólidos totales	%	2.86	0.48
Potasio	%	0.06	0.04
Magnesio	%	0.32	0.13
Cobre	ppm	0.10	0.20
Cobalto	ppm	0.10	0.10
Hierro	ppm	3.90	1.60
Manganeso	ppm	0.50	0.80
Zinc	ppm	0.50	0.60

3.6. Antecedentes del uso de biofertilizante en maíz

El Biol, ha sido fuente de investigación en muchos cultivos como frijol, maíz, café, pastos de forraje, hortalizas entre otros. A continuación, se indican resultados de investigaciones en el cultivo de maíz:

Investigación realizada por Pérez (2018), donde evaluaron la fertilización orgánica (Biol) y sintética en el cultivo del maíz (*Zea Mays L.*), cv. NB 9043 en Masaya, Nicaragua; obtuvieron diferencias estadísticas en las variables “diámetro y altura de la planta, altura a la primera y segunda inserción de la mazorca y longitud de la mazorca, número de granos por hilera y peso de 1,000 granos destacándose el tratamiento convencional aplicándose 2.8 qq ha⁻¹ de 12-30-10 (N: 15.24 kg, P₂O₅: 38.11 kg y K₂O 12.70 kg) más 2.8 qq ha⁻¹ de Urea 46 % (N: 128.8 kg)” (p. 23).

Otro trabajo realizado bajo las mismas condiciones de Nicaragua por Reyes y Martínez (2018) con el cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) Cv NB-9043 obtuvieron diferencia significativa en las variables diámetro de la planta, peso de 1,000 granos, destacándose la aplicación con completo más urea” con rendimientos de 3,458 kg ha⁻¹, seguido de la aplicación a base de Biol (14,233 l ha⁻¹) con 3,168 kg ha⁻¹. (p. 22)

En la republica de Honduras, Santín (2017) evaluó el uso de Biol en el cultivo de frijol, variedades Amadeus 77 y Dehoro; obtuvo que al realizar fertilizaciones con Biol en cuanto a la interacción de la variedad mostró efectos positivos en, vainas secas, peso de 100 granos y rendimiento, asociándose a una fertilización con urea y Fosfato Di Amónico (DAP) a dosis de 60 y 30 kg ha⁻¹ respectivamente en la variedad Amadeus 77 (p. 13).

Indalicio & Juliana (2018) en Perú, Departamento de Huancavelicase, Distrito de Huando probaron diferentes dosis de Biol aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Variedad Blanca, obteniendo “rendimiento de 2.5 toneladas por hectárea, al aplicarse 1,500 ml de Biol/20 litros de agua, seguido de 2.4 toneladas por hectárea utilizando 2,000 ml de Biol/20 litros de agua, finalmente el testigo sin aplicación manifestó el menor rendimiento con 1.3 toneladas de grano seco de maíz por hectárea” (p. 75).

Nuevamente en Perú, Departamento La Libertad, Provincia de Trujillo sector Nuevo Barraza Castillo (2014) evaluó tres dosis de Biol en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* l.), en 2014, donde “el tratamiento que tiene mejores resultados es la dosis de 800 l ha⁻¹, en la característica número de mazorcas por planta y rendimiento de forraje, mientras que el testigo sin aplicación obtuvo los resultados más bajos”. (p. 16)

Vélez y Zambrano (2019) en el Cantón Chone, Ecuador, evaluaron diferentes preparaciones de Biol aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) comprobaron que la mejor productividad de rendimiento en kg ha⁻¹ y altura de la planta se obtuvieron en la mezcla de Biol con bacterias ácido lácticas al (30 % 20 l) vía foliar, sin embargo, el Biol con quelato al 20 % (13 l) vía foliar, obtuvo mejores resultados en las variables de diámetro de mazorca y peso de 100 semillas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Entrenamiento Agrícola [CEA] perteneciente a American Nicaraguan Foundation [ANF]. Está ubicado en el km 30 carretera norte, del empalme de la carretera vieja a Tipitapa 300 m al sur en las siguientes coordenadas geográficas $12^{\circ} 15' 41.8''$ latitud Norte y a $-86^{\circ} 04' 37.6$ longitud Oeste (Figura 2).



Figura 2. Posición geográfica del Centro Experimental Agrícola de ANF, tomado de Google Heart, (2022).

4.2. Condiciones climáticas del CEA

4.2.1. Temperatura

El comportamiento de la Temperatura ambiente del sitio de estudio en el periodo de 1957-2021 del CEA (Figura 3), muestra que el promedio de la temperatura máxima se incrementa en el mes de marzo (34°C) hasta abril (36°C), sin embargo, a inicios de la época húmeda (mayo) la temperatura comienza a disminuir para posteriormente estabilizarse en los siguientes meses (28°C).

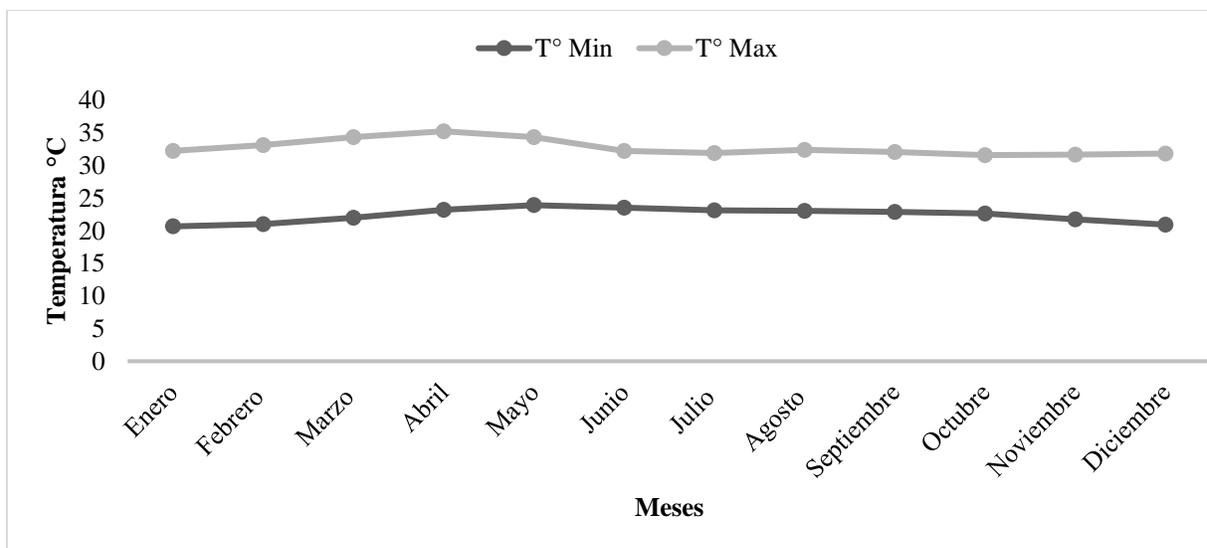


Figura 3. Comportamiento de la Temperatura máxima y mínima en la zona de Tipitapa-Managua en el periodo de 1957 – 2021, tomado de Instituto de Estudios Territoriales INETER, (2022)

4.2.2. Precipitación

Las precipitaciones ocurridas en el periodo 1957 - 2021 oscilan entre los 1,100 - 1,200 mm anuales, que muestra la Figura 4 el comportamiento o patrón de lluvias de mayo a noviembre con un promedio de lluvia de 190 mm en el mes de junio y 200-225 mm en los meses de septiembre y octubre.

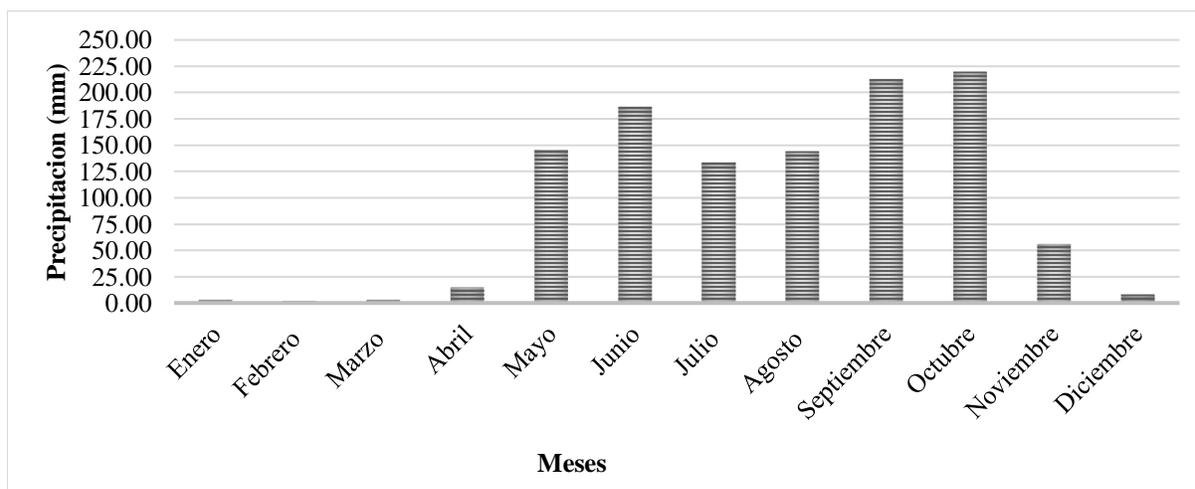


Figura 4. Comportamiento de la precipitación (mm) en la zona de Tipitapa – Managua del periodo de 1957 – 2021, tomado de Instituto de Estudios Territoriales INETER, (2022).

4.3. Análisis Químico de suelo del área experimental

El análisis químico de suelo del CEA detalla que el pH es de 5.73 siendo este medianamente ácido, sin problemas de salinidad, sin embargo, es pobre en materia orgánica; los macro

nutrientes (Potasio, Calcio, Magnesio, Fósforo) y micro nutriente (Manganeso, Hierro y Cobre) están en altas concentraciones en el suelo, a excepción del Zinc que es muy bajo.

Cuadro 2. Análisis químico de suelo proveniente del área CEA, Tipitapa, 2022.

pH	MO	K	Ca	Mg	CIC	CE	P-disp	Zn	Mn	Fe	Cu
H ₂ O	%	(meq / 100 g suelo)				μS/cm	(ppm)				
5.73	1.67	0.72	13.63	4.61	20.86	88.60	16.09	0.95	27.95	44.80	9.75
Ma	Pobre	Alto	Alto	Alto	Media	sps	Medio	Muy bajo	Alto	Alto	Alto

Ma: medianamente ácido; **sps:** Sin problemas de salinidad; **μS/cm:** microsiemens/cm
Tomado de Laboratorio de Agua y Suelo [LABSA].

4.4. Análisis químico de Biol (CEA)

El análisis químico del Biol utilizado en el estudio reflejó bajos contenidos de Nitrógeno total (0,040), materia orgánica (0,12), Fósforo (0,011) Potasio (0,016) Calcio (0,017) Magnesio (0,014) Azufre (0,007), todos expresados en porcentaje. Muestra altas concentraciones de Hierro (118,00), Cobre (69,21) Zinc (43,4), Manganeso (70,2), Boro (5,5) obtenidos en mg kg⁻¹ producido.

Cuadro 3. Análisis químico efluente Biol de origen porcino del CEA, Tipitapa, 2021.

Análisis	Unidad	Resultado
Nitrógeno Total	%	0,040
Materia Orgánica	%	0,12
Fosforo (P)	%	0,011
Potasio (K)	%	0,016
Calcio (Ca)	%	0,017
Magnesio (Mg)	%	0,014
Azufre (S)	%	0,007
Hierro (Fe)	mg kg ⁻¹	118,00
Cobre (Cu)	mg kg ⁻¹	69,21
Zinc (Zn)	mg kg ⁻¹	43,4
Manganeso (Mn)	mg kg ⁻¹	70,2
Boro	mg kg ⁻¹	5,5

Tomado de Laboratorio químico S.A [LAQUISA].

4.5. Diseño metodológico

4.5.1. Material biológico

Se utilizó semilla de la variedad HR-101, según DISAGRO (S.f, p 1) es un híbrido con grano sedimentado, buen anclaje de raíces, con altura de 225 a 235 cm, excelente sanidad de las plantas y alto potencial de rendimiento en materia seca, tiene la capacidad de tolerancia a la sequía, acame y enfermedades foliares como mancha de asfalto y roya, se adapta a una altura de 0-1,600 m.s.n.m y su rango poblacional se mantiene entre 40,000 a 50,000 plantas por manzana. Ofrece un ciclo de cosecha de 120 - 125 días para grano o de 75 - 80 días para ensilaje.

4.5.2. Diseño experimental

Se estableció un experimento unifactorial bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), conformado por cuatro tratamientos y cuatro bloques. El área total del experimento fue de 384 m² con una superficie por bloque de 96 m². Cada parcela experimental estuvo formada por ocho surcos de cuatro metros de longitud y 0.80 metros entre surco, para un total de 24 m². La parcela útil fue de seis surcos, donde se realizaron las mediciones de las variables en estudio; se consideró no incluir en las evaluaciones dos surcos por efecto de borde.

Para el levantamiento de las variables de rendimiento se realizaron tres momentos; estado chilote (65 ddg), elote (80 ddg) y mazorca (120 ddg) para las cuales se cosecho un surco en etapa de chilote (2.4 m²), un surco (2.4 m²) en etapa de elote y cuatro surcos (9.6 m²) para cosecha mazorca en cada tratamiento.

4.5.3. Manejo agronómico

Preparación del suelo

Se realizó con un tractor de grada (rotovator), de 7.5 hp, motor de gasolina a dos tiempos, con un ancho de trabajo de 60 centímetros y profundidad de 25 centímetros de la superficie del suelo, los surcos fueron preparados con azadón.

Siembra

Se efectuó el 21 de marzo de 2021 depositándose dos semillas por golpe a una distancia de 0.20 metros entre semilla y 0.80 metros entre surco.

Riego

El riego se ejecutó mediante un sistema por goteo utilizando cintas de riego con emisores distribuidos cada 10 cm entre cada uno con un caudal de 0.50 litros por hora (LPH) el cual fue alimentado por el tubo madre de cuatro pulgadas, se aplicó con una frecuencia de dos horas por día (mañana 1h; tarde 1h)

Fertilización

La fertilización se realizó de acuerdo con la definición de los tratamientos, sin embargo, al momento de la siembra se aplicó una fertilización base con la formula (18-46-00) a una dosis de dos gramos por planta, equivalente a 127 kg ha⁻¹.

En el Cuadro 4, se describe el plan fertilización para cada tratamiento durante el ciclo del cultivo del maíz.

Cuadro 4. Tratamientos, fertilización y dosis aplicadas.

Tratamiento	Tipo de fertilización	Aplicaciones/ dosis	Momento de aplicación
(T1) Biol + Urea 46%	Base	127 kg ha ⁻¹ 18-46-00	A la siembra
	Edáfica	129.1 kg ha ⁻¹ Urea 46%	25 ddg
	Foliar	Aplicación N°1. 320 ml de Biol / 630 ml de agua	32 ddg
		Aplicación N°2. 360 ml de Biol / 730 ml de agua	39 ddg
		Aplicación N°3. 410 ml de Biol / 810 ml de agua	46 ddg
(T2) Biol	Base	127 kg ha ⁻¹ 18-46-00	A la siembra
	Foliar	Aplicación N°1. 100 ml de Biol / 300 ml de agua	7 ddg
		Aplicación N°2. 210 ml de Biol / 390 ml de agua	14 ddg
		Aplicación N°3. 220 ml de Biol / 450 ml de agua	21 ddg
		Aplicación N°4. 270 ml de Biol / 540 ml de agua	28 ddg
		Aplicación N°5. 320 ml de Biol / 630 ml de agua	35 ddg
		Aplicación N°6. 360 ml de Biol / 730 ml de agua	42 ddg
		Aplicación N°7. 410 ml de Biol / 810 ml de agua	49 ddg
(T3) Urea 46 %	Base	127 kg ha ⁻¹ 18-46-00	A la siembra
	Edáfica	129.1 kg ha ⁻¹ Urea 46 % N	A los 25 ddg
		129.1 kg ha ⁻¹ Urea 46 % N	A los 35 ddg
(T4) Testigo	Base	127 kg ha ⁻¹ 18-46-00	A la siembra

Ddg: días después de la germinación

Manejo de plagas y enfermedades

Se realizó un monitoreo cada 15 días para determinar los principales insectos asociados al cultivo que permitió la toma de decisiones para el manejo apropiado de las plagas. En base a esta información se realizaron siete aplicaciones de Dipel a una concentración de un gramo por litro de agua para el manejo del cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Manejo de malezas

Para el manejo de malezas se realizaron a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra utilizando machete y azadón.

Cosecha

La cosecha se realizó en tres momentos de su etapa fenológica chilote (65 ddg), elote (80 ddg) y mazorca (120 ddg) en donde se evaluó según el componente a cada variable correspondiente.

4.5.4. Variables a evaluar

Variables de crecimiento

Altura de la planta (m)

Se realizó con una cinta métrica desde la base del tallo en el suelo hasta la última hoja formada, tomando una muestra de 10 plantas por parcela experimental. El levantamiento de los datos se ejecutó cada 15 días después de la germinación.

Diámetro del tallo de la planta (mm)

Se midió con un vernier tomando la base central del tallo de la planta, con una muestra de 10 plantas por parcela experimental. El levantamiento de los datos se realizó cada 15 días después de la germinación.

Área foliar por planta (cm³)

Se requirió de 2 plantas por unidad de estudio, las cuales se midió el largo desde la lígula hasta el ápice de la hoja y el ancho tomando la parte central de la lámina. El levantamiento de los datos se realizó a los 65 días después de la germinación.

Para el cálculo del AF se midió y se multiplico largo por ancho de cada hoja, el resultado multiplicado por el factor 0.75 sumando los valores obtenidos de cada hoja por planta, se

promedió el resultado de cada planta. Para este cálculo se utilizó la siguiente fórmula planteada por INTAGRI (2021)

$$AF = \sum_{i=1}^n (l. a) \quad (0.75)$$

Donde:

AF: Área Foliar; *l*: Largo de la hoja; *a*: Ancho de la hoja

Variables de rendimiento en estado de chilote

Peso de la tuza (g): se realizó el pesaje de la tuza con una balanza expresada en gramos, por cada muestra se tomaron 10 mazorcas por tratamiento.

Peso del chilote (g): se realizó el pesaje del chilote sin tuza con una balanza expresada en gramos, por cada muestra se tomó un área de 2.4 m² por tratamiento.

Chilotes totales (unidades): se tomó la producción total de chilotes en un área de 2.4 m² por tratamiento.

Variables de rendimiento en estado de Elote

Peso de la tuza: se realizó el pesaje de la tuza con una balanza expresada en kilogramo, por cada muestra se tomaron 10 mazorcas por tratamiento.

Peso del elote: se realizó el pesaje del elote sin tuza con una balanza expresada en kilogramo, por cada muestra se tomó un área de 2.4 m² por tratamiento.

Diámetro del elote (mm): se requirió de una muestra de 10 mazorcas por tratamiento y se midió con un vernier el diámetro de la mazorca.

Longitud del elote (cm): a una muestra de 10 mazorcas por tratamiento se midió con una cinta métrica desde la base de la mazorca hasta el ápice de la mazorca.

Total, de elotes (unidades): se eligieron las plantas de maíz en producción establecida en un surco de tres metros de longitud, por tratamiento, para determinar la producción total de elotes.

VARIABLES DE RENDIMIENTO EN ESTADO DE MAZORCA

Longitud de la mazorca (cm): se consideraron una muestra de 10 mazorcas por tratamiento para medir con una cinta métrica, desde la base de la mazorca hasta el ápice de la mazorca.

Diámetro de la mazorca (mm): se realizó con una muestra de 10 mazorcas por tratamiento, midiendo con un vernier el diámetro de la mazorca.

Hileras por mazorca: se contabilizaron el número de hileras por mazorca, se utilizaron 10 unidades por cada tratamiento,

Número de granos por hileras: se contabilizaron los granos contenidos en una hilera de cada mazorca, e utilizaron 10 unidades por tratamiento.

Mazorcas totales (unidades): se extrajeron las mazorcas de 4 surcos de 3 metros de longitud por tratamiento para cuantificar la producción total.

Peso seco de la tuza (kg ha^{-1}): se realizó el pesado de la tuza en estado fresco, posteriormente se pesó una muestra representativa por tratamiento de 250 gramos de la tuza. Todas las muestras se les sometió a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ en hornos por 72 horas, fueron pesado para peso seco de la tuza.

Peso seco de olote (kg ha^{-1}): se realizó el pesado del olote, posteriormente se pesó una muestra de 250 gramos de olote. Todas las muestras se les sometió a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ en hornos por 72 horas, fueron pesados para peso seco del olote.

Materia seca de paja (kg ha^{-1}): Con una tijera de podar se picaron en trozos de 10 centímetros, 10 plantas como población muestra de cada parcela para pesar en campo el peso fresco de la biomasa con una pesa digital expresada en kilogramo. De cada muestra se pesó 250 gramos y se sometió a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ en hornos por 72 horas, posteriormente se pesó para obtener el peso seco de la biomasa.

Materia seca total (kg ha^{-1}): la sumatoria del peso seco de la tuza, peso seco del olote y el peso de la materia seca de paja a fin de mostrar la producción total de materia seca en kg ha^{-1} .

Rendimiento de grano (kg ha^{-1}): cuando la planta completo su madurez fisiológica se cosecharon las mazorcas totales de cada tratamiento, después del desgrane, se realizó el pesado de grano con una balanza expresada en kilogramo determinando el rendimiento bruto;

seguidamente se utilizó el medidor de humedad DOLE para indicar el porcentaje de humedad y ajustar el rendimiento a un valor de 13 % de humedad.

Variables económicas

Tasa interna de retorno (TIR)

Para este análisis se utilizó la metodología de presupuesto parcial propuesto por CYMMYT (1985), el procedimiento de cálculo implica cuantificar los costos que varían para cada tratamiento los que están relacionados con los insumos (Urea, Biol) y días/hombres (D/H) utilizados en el experimento con el cultivo del maíz.

Se determinan los beneficios netos que se obtienen a partir del precio del campo (13.30 C\$ por kg de grano en el mes de junio 2021, municipio de Tipitapa, Managua) por el rendimiento ajustado con una reducción porcentual de 10 %.

Se continuó el procedimiento con el ordenamiento ascendente de los tratamientos en base a los costos variables obtenidos por tratamientos con el propósito de determinar el o los tratamientos dominados y no dominados.

El último paso del análisis de presupuesto parcial es calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR) de acuerdo con CYMMYT (1985), señala que la relación del beneficio neto marginal (es decir el aumento en beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos que varían) expresada en un porcentaje.

4.5.5. Recolección de datos

El proceso de recolección de datos se realizó de acuerdo al desarrollo del cultivo y variables de estudio de la investigación, durante esta etapa se utilizó un formato de hoja de control.

4.5.6. Análisis de datos

A las variables de crecimiento y componentes de rendimiento se les realizó análisis de varianza y separación de media de Duncan a un 95 % de confiabilidad.

A la variable económica se le realizó el análisis de presupuesto parcial, de acuerdo al procedimiento propuesto por CYMMYT (1985).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Respuesta en las variables de crecimiento por efecto de las aplicaciones de Biol, Urea y Combinados

5.1.1. Altura de planta (cm)

Según Somarriba (1997), la altura de la planta es una característica fisiológica de gran importancia, es indicativo de la velocidad de crecimiento. Este mismo autor afirma que la altura está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los carbohidratos [sic] producidos durante la fotosíntesis, y puede ser afectada por la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales: luz, humedad, nutrientes y agua.

En los resultados obtenidos en el Cuadro 5, a los 15 y 30 días después de la germinación se obtuvo diferencia estadística significativa reflejando, el tratamiento Testigo (14.07 cm), seguido de Biol+ Urea 46 % (13.77 cm) a los 15 días, y destacándose el tratamiento de Biol+ Urea 46 % (117.20 cm) a los 30 días, sin embargo, a los 45 días después de la siembra no hay significancia estadística en los resultados obtenidos.

Cuadro 5. Resultados de ANDEVA de la variable altura de la planta (cm), Tipitapa, 2021.

Ddg	Biol + Urea 46 %	Biol	Urea 46 %	Testigo	Prob >F
15	13.77 a	12.32 b	11.02 b	14.07 a	<.0001
30	42.86 a	38.30 b	37.73 b	37.32 b	0.0305
45	117.20	113.00	120.65	108.90	0.1712

Ddg: día después de la germinación.

Los resultados de altura reflejan que a los 15 ddg el Testigo (14.07 cm) y Biol+ Urea 46 % (13.77 cm) superan significativamente (<.0001) a los demás tratamientos, esta respuesta se debe a la aplicación de fertilizante base (127 kg. ha⁻¹ de 18-46-00) al momento de la siembra. A los 45 días ddg todos los tratamientos evaluados de acuerdo al análisis de varianza no hay diferencia estadística (0.1712). Esto significa que la aportación de nutrientes aplicados por los tratamientos Biol, Urea 46 % y Biol+ Urea 46 % aportaron lo suficiente para alcanzar el rango máximo de 120 cm superando al tratamiento Testigo que obtuvo una media de 108 cm.

Estos valores presentan una inferioridad en comparación a los registros de altura encontradas por Reyes y Martínez (2018) presentando un valor de 153.52 cm con la aplicación de fertilizantes 12-30-10 y Urea 46% utilizando el cultivar NB-9043.

5.1.2. Diámetro del tallo (mm)

De acuerdo con Alvarado y Centeno (1994) afirman que:

El diámetro del tallo es una característica de suma importancia en el cultivo de maíz, este se puede ver afectado por altas densidades de siembra y la competencia de luz, lo que provoca una elongación de los tallos y entrenudos más largos, plantas más altas y reducción del grosor de los tallos favoreciendo el acame de las plantas. p.54

Los resultados estadísticos obtenidos en la variable diámetro del tallo de planta (mm) en los tres momentos de muestreo (15, 30, 45 ddg), refleja que no se obtuvieron diferencias significativas que implica que los tratamientos tuvieron un efecto similar para esta variable.

Cuadro 6. Resultados de ANDEVA de la variable diámetro del tallo (mm), Tipitapa. 2021.

Ddg	Biol +Urea 46 %	Biol	Urea 46 %	Testigo	Prob >F
15	11.92	11.57	11.60	11.50	0.9131
30	22.35	22.17	21.95	21.15	0.5700
45	23.65	23.75	23.17	23.00	0.7806

Ddg: día después de la germinación.

Cabe destacar que el punto máximo del engrosamiento del tallo se logra en los primeros 30 días después de la germinación (Cuadro 6), sin embargo, se observa que después de los 30 ddg hay un engrosamiento lento del tallo hasta alcanzar su máximo desarrollo. IPNI (2005) concluye que las plantas requieren dosis pequeñas de fertilizantes nitrogenados en sus épocas tempranas de crecimiento y mayores cantidades en estados posteriores para alcanzar su máximo desarrollo. Como expresa INTA (2013) plantea que la aplicación de nitrógeno es uno de los factores que influye considerablemente en el diámetro de las plantas.

5.1.3. Área foliar (cm²)

Para el CYMMYT (1985) el área foliar es una manifestación cuantitativa de las plantas que puede ser medida a través de parámetros como ancho de hoja y longitud de la hoja que contribuyen a un aumento del rendimiento al incrementar los niveles de fotosíntesis.

En el Cuadro 7, se presentan los resultados estadísticos de la variable área foliar de las plantas de maíz medidos a los 65 días después de la germinación en donde no hay diferencia estadística (0.1580).

Cuadro 7. Resultados de ANDEVA de la variable área foliar (cm²), Tipitapa. 2021.

Ddg	Biol +Urea 46 %	Biol	Urea 46 %	Testigo	Prob >F
65	4,507.80	4,639.40	3,766.10	3,505.10	0.1580

Ddg: día después de la germinación.

Los valores en la variable área foliar mostrados (Cuadro 4) por los tratamientos Biol, Biol+ Urea 46 % fueron altos en comparación a la Urea 46 % y Testigo. Este efecto probablemente se da debido a las aplicaciones directas al área foliar en donde las plantas sintetizan con mayor rapidez y eficiencia los nutrientes, principalmente el nitrógeno. Según Portal fruticola (s.f):

El nitrógeno se destaca por su rapidez de absorción necesitando de 0,5 a 2 horas para que el 50% de lo aplicado penetre en la planta. Esto permite mejorar el desarrollo de las hojas y el aprovechamiento de la energía solar para ser catalizada y convertirla en energía química. p.9

La fertilización foliar por lo general se realiza para corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de macro nutrimentos tales como el nitrógeno, fósforo y el potasio, se reconoce que la fertilización foliar solo puede complementar, pero en ningún momento sustituir la fertilización al suelo. Esto se debe a que las dosis a aplicar vía foliar son muy pequeñas en comparación con las dosis aplicadas al suelo para obtener buenos rendimientos.

Hay factores ambientales que afectan el crecimiento y el desarrollo de las plantas entre ellos el déficit de agua que pueden ser afectados por la falta de precipitaciones y aplicaciones reducidas de agua. Según López et al., (2014), el déficit de agua durante el período de establecimiento en el cultivo de maíz retrasa el desarrollo y produce plantas menos vigorosas y cuando tiene lugar un déficit de agua durante el período vegetativo inicial, se produce menos superficie foliar, lo que ocasiona una reducción del rendimiento. p. 23

5.2. Respuesta en las variables de rendimiento por efecto de las aplicaciones de Biol, Urea 46 % y Biol+ Urea 46 %.

5.2.1. Variables de rendimiento en estado de chilote

De acuerdo con Alvarado (2000), “el rendimiento es el principal objetivo a alcanzar, y es la principal variable de cualquier cultivo, la cual determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio, unido al potencial genético de la variedad. Por lo tanto, el rendimiento de chilote es el resultado de interacciones de los factores biológicos,

ambientales y de manejo que se le dé al cultivo, los cuales, al relacionarse positivamente entre sí, dan como resultado una mayor producción de chilote por hectárea.” (citado por Toruño y Flores, 2013, p.31).

Como se hace notar en el Cuadro 8, en las variables, peso de la tuza, peso del chilote y el número de chilotes totales, el análisis de varianza realizado no fue estadísticamente diferente (0.8483, 0.2295, 0.4931 respectivamente), sin embargo, el tratamiento Biol obtuvo el mayor resultado con un peso de tuza de 5.38 g y en número de chilotes con 13.50 unidades en 3.2 m², equivalente a 42,187.5 unidades ha⁻¹, influenciado por la variable área foliar (Cuadro 7), que dio un valor de 4639.4 cm² por planta, lo que significa que la planta aprovecha y sintetiza la radiación solar para aumentar los niveles de energía bioquímica y potencializarla en el rendimiento.

Cuadro 8. Resultados de ANDEVA de las variables chilotes totales, peso (g) de tuza y elote, Tipitapa. 2021.

Variables	Biol +Urea 46 %	Biol	Urea 46 %	Testigo	Prob >F
Peso (g) de la Tuza	4.91	5.38	4.87	4.97	0.8483
Peso (g) del chilote	68.36	68.36	68.56	55.53	0.2295
Chilotes totales (unidades)	10.50	13.50	13.00	11.00	0.4931

5.2.2. Variables de rendimiento en estado de elote

Dicho con palabras de Jugenheimer (1990), “el incremento de los rendimientos depende del uso de híbridos o variedades mejoradas, así como de fertilizantes, que dan a la planta mayor resistencia a plagas y enfermedades” (citado por Reyes y Martínez, 2018, p.21).

Los resultados obtenidos de las variables peso de la tuza, peso de mazorca, diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca, muestran diferencia estadística altamente significativa, mostrando los mejores resultados numéricos en las variables: peso de tuza (260.30 g), peso de mazorca en elote (141.27 g) y longitud de la mazorca (15.95 cm) con el tratamiento Urea 46 % (Cuadro 9), estos resultados con probabilidad se dan por los nutrientes aplicados con fertilizante Urea 46 % N en dos momentos de aplicación (25-45 ddg), siendo la segunda la más importante debido a que el cultivo de maíz está culminando con su etapa fenológica de crecimiento

vegetativo, dado que demanda gran cantidad de nitrógeno; preparándose para el proceso de floración y fecundación.

Con respecto a la variable diámetro de la mazorca el tratamiento que mostro mejor resultado fue el Testigo (41.00 mm). Sin embargo, la variable número de elotes totales no presento diferencia estadística, pero sobresale el tratamiento Urea 46 % con 20 elotes por tratamiento.

Cuadro 9. Análisis de los componentes del rendimiento en estado de elote de maíz.

Variables	Biol + Urea 46 %	Biol	Urea 46 %	Testigo	Prob-F
Peso de tuza (g)	170.82 c	212.20 b	260.30 a	215.93 b	<.0001
Peso del elote (g)	96.86 c	120.75 b	141.27 a	127.80 b	<.0001
Diámetro del elote (mm)	36.42 b	39.31 a	40.38 a	41.00 a	0.0012
Longitud del elote (cm)	13.19 c	14.46 b	15.95 a	14.43 b	<.0001
Total de elotes (unidades)	16.75	18.50	20.00	19.50	0.5849

5.2.3. Variables de rendimiento en cosecha de mazorca

El tratamiento Testigo en las variables diámetro mazorca (42.02 mm), e hileras por mazorcas (14.77) (Cuadro 10), según el análisis de varianza muestran diferencia estadística altamente significativa ($P > f$: 0.0180, <.0001 respectivamente); el tratamiento Urea 46 % muestra valor mayor las variables longitud de la mazorca (14.08 cm) y granos por hilera (23.37) siendo no significativo estadísticamente, mientras que el tratamiento Biol obtiene un valor mayor pero no significativo (0.7679) en la variable mazorcas totales (34 unidades) con respecto al resto de los tratamientos.

Cuadro 10. Análisis de los componentes de rendimiento en estado de mazorca.

Variables	Biol + Urea 46 %	Biol	Urea 46 %	Testigo	Prob-F
Longitud mazorca (cm)	13.05	12.81	14.08	13.76	0.2081
Diámetro mazorca (mm)	39.90 b c	39.52 c	41.62 a b	42.02 a	0.0180
Hileras por mazorca	12.30 c	12.92 c	13.82 b	14.77 a	<.0001
Granos por hilera	20.05	22.32	23.37	22.50	0.0619
Mazorcas totales (unid)	28.25	34.00	30.75	30.75	0.7679

5.2.4. Variables de rendimiento de materia seca y de grano

Como afirma Cirilo y Andrade (1994):

“El rendimiento en grano de un cultivo de maíz se compone del número de granos producidos y del peso medio de los mismos. Tanto el número como el peso de los granos responden a los cambios que experimentan las condiciones de crecimiento del cultivo en los momentos del ciclo en que cada componente es determinado. De los dos componentes, el número de granos maduros es el que está más estrechamente relacionado con las variaciones en el rendimiento del maíz a campo” (Citado por Syngenta global, 2021).

El análisis de varianza refleja que no resultan diferencias estadísticas en ninguna de las variables, medidas (Cuadro 11), no obstante, el mayor valor en la variable peso de tuza lo muestra el tratamiento Testigo con 1,092.90 kg ha⁻¹; el Biol+ Urea 46 % obtuvo el valor más alto en las variables materia seca de paja 3,077.20 kg ha⁻¹ y materia seca total 4,491.70 kg ha⁻¹. Mientras que solo Biol sobresale en el peso de grano con 3,962.00 kg ha⁻¹. Esto quiere decir que el tratamiento con mayor resultado en la producción de materia seca fue la combinación de Biol + Urea 46 %, destacando que se fertilizó con Urea 46 % a los 25 ddg, más tres aplicaciones foliares de Biol, a dosis de 33.33 l ha⁻¹ a los 32 ddg, 37.5 l ha⁻¹ a los 39 ddg y 42.7 l ha⁻¹ a los 46 ddg para un total de 113.53 l ha⁻¹, lo que le brinda o satisface los requerimientos de Nitrógeno y otros nutrientes a través de la aplicación foliar con Biol.

Empleando las palabras de la FAO (s.f), los procesos relacionados con el reciclaje de nutrientes son el regreso al suelo de residuos de cultivos en forma de rastrojos; con la finalidad de cuanto menor sean las pérdidas de nutrientes del sistema, menores serán las aportaciones que se requerirán del exterior para encontrar un equilibrio.

Considerando los elementos anteriores en el sistema analizado los componentes que se incorporan al reciclaje de nutrientes estarían la tuza, el olote y la materia seca de paja, todos ellos residuos de cosecha que pasaran el proceso de descomposición y liberación de nutrientes en el suelo. Otro componente dentro del sistema es la cosecha de grano, este es un producto que sale del sistema productivo cuyo destino puede ser alimento animal o humano, que implica pérdida de nutrientes y energía dentro del ciclo del agroecosistema.

Cuadro 11. Análisis de los componentes del rendimiento por efecto de los tratamientos en el grano del maíz.

Variables	Biol + Urea 46 %	Biol	Urea 46 %	Testigo	Prob-F
Peso tuza (kg ha ⁻¹)	992.30	851.90	991.30	1,092.90	0.6972
Peso de olote (kg ha ⁻¹)	422.23	450.87	425.89	445.97	0.9793
Materia seca de paja (kg ha ⁻¹)	3,077.20	2,548.40	2,807.90	2,586.90	0.5498
Rendimiento de Materia seca (kg ha ⁻¹)	4,491.70	3,851.10	4,225.10	4,125.80	0.6088
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	3,170.00	3,962.00	2,561.00	2,356.00	0.5088

Respecto al rendimiento en grano, el tratamiento Biol superó un 68.16 % la producción del tratamiento Testigo, excediéndolo por 1,606.00 kg ha⁻¹. Además, se refleja que el tratamiento Biol+ Urea 46 % y Urea 46 % superan el Testigo (34.55 %, 8.70 % respectivamente); cabe destacar que, según datos reportados por Martínez, et al., (2020), en Nicaragua, el rendimiento promedio de maíz del ciclo 2019-2020 es de “21.8 qq mz⁻¹” (31.02 qq ha⁻¹) correspondiente a 1,407.44 kg ha⁻¹, estos mismos autores señalan que el rendimiento del ciclo 2005-2006 fue de 22 qq mz⁻¹ (31.31 qq ha⁻¹) correspondiente a 1,420.59 kg ha⁻¹, lo que indica que probablemente el rendimiento se ha mantenido.

Los resultados obtenidos en la investigación indican que la fertilización a base de solo Biol mostro efectos positivos en el rendimiento de grano, siendo mayor con respecto al resto de tratamientos, además de sobrepasar el rendimiento promedio nacional, afirmándose que la utilización de este producto para aportar nutrientes al cultivo de maíz es una alternativa de fertilización donde los pequeños productores lo pueden incorporar para la nutrición de sus cultivos, mejorando sus rendimientos.

5.3. Análisis económico

Para el análisis económico de las diferentes alternativas de manejo de la nutrición en el maíz en comparación con el testigo se utilizó la herramienta de Análisis de presupuesto parcial propuesta

por CYMMYT (1985), el cuál es un método que organiza los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de cada tratamiento.

Este procedimiento aplicado da resultados que se muestran en el Cuadro 12, donde los costos variables del tratamiento Urea 46 % fue de 5,000.00 C\$ mayores gastos con respecto al tratamiento solo Biol (2,402.94 C\$) que genero menores costos. Solo la compra del fertilizante Urea representó un 84 % del costo total, se justifica debido a que la demanda del nitrógeno en el cultivo del maíz significo aplicar 258.2 kg ha⁻¹ de Urea 46 %, en el mes de marzo la compra de este fertilizante tuvo un costo de 23.14 C\$ por kg. Sin embargo, la fertilización con Biol resultó con menores costos variables que representó un 16.40 % del costo total del tratamiento. Estos resultados dan como conclusión que el productor tiene un gasto de 9 % utilizando Biol respecto al gasto de la compra de Urea 46 %.

El beneficio neto obtenido por tratamiento, señala que la alternativa de fertilización que generó mayor ingreso neto fue el Biol con 44,739.58 C\$. Esto manifiesta que el Biol supera con 32.22 % al tratamiento Biol+ Urea 46 %, en un 75.64 % al tratamiento solo Urea 46 % y un 59.63 % al Testigo.

Cuadro 12. Costos variables y beneficios netos por alternativa tecnológica de fertilización.

Variables	Biol + Urea 46 %	Biol	Urea 46 %	Testigo
Costo de Biol (C\$)	230.64	394.26	0.00	0.00
Costo de Urea 46 %	2,100.00	0.00	4,200.00	0.00
Costo de aplicación de Biol (C\$)	1,149.54	2,008.68	0.00	0.00
Costo de aplicación de Urea 46 % (C\$)	400.00	0.00	800.00	0.00
Costos totales (C\$)	3,880.18	2,402.94	5,000.00	0.00
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	3,170.00	3,962.00	2,561.00	2,356.00
Rendimiento ajustado (10 %)	2,853.00	3,566.00	2,305.00	2,120.00
Precio (C\$ kg ⁻¹)	13.22	13.22	13.22	13.22
Beneficio bruto (C\$)	37,716.66	47,142.52	30,472.10	28,026.40
Beneficio neto C\$	33,836.48	44,739.58	25,472.10	28,026.40

Tal como se expresa en el Cuadro 13, se dice entonces que un tratamiento o alternativa tecnológica “es dominado cuando tiene beneficios netos menores a los de un tratamiento de costos que varían más altos” CYMMYT (1985, p. 35).

El procedimiento para la dominancia de los tratamientos (Cuadro 13), señala que el tratamiento Biol + Urea 46 % y solo Urea 46 % son dominados, debido a que tienen beneficios netos menores y costos variables mayores con respecto al tratamiento Biol; cabe destacar que el tratamiento testigo no es dominado porque no tiene costos variables, ya que no se realizaron aplicaciones de insumos que varíen de los demás tratamientos ni se utilizó mano de obra.

El Biol fue el tratamiento no dominado ya que presenta los costos variables más bajos y los beneficios netos más alto respecto al tratamiento Testigo.

Cuadro 13. Análisis de Dominancia de las alternativas tecnológicas de fertilización.

Variabes	Testigo	Biol	Biol + Urea 46 %	Urea 46 %
Costos totales C\$	0.00	2,402.94	3,880.18	5,000.00
Beneficio Neto.	28,026.40	44,739.58	33,836.48	25,472.00
Análisis de dominancia		ND	D	D

Al realizar el procedimiento de cálculo (Cuadro 14), se obtiene una tasa interna de retorno de 695.53 % en comparación del tratamiento Biol con respecto al Testigo, esto manifiesta la rentabilidad que ofrece la inversión de esta tecnología que se implementó al cultivo, ya que presenta una relación monetaria alta respecto a su inversión y los demás tratamientos.

Cuadro 14. Análisis de tasa interna de retorno.

Tratamiento	Costos totales	Beneficios netos	TIR (%)
Testigo	0.00	28,026.40	
Biol	2,402.94	44,736.58	695.53

VI. CONCLUSIONES

En las variables de crecimiento como la altura de la planta de maíz los tratamientos reflejaron que a los 15 ddg el Testigo sin aplicación (14.07 cm) y Biol + Urea 46 % (13.77 cm), superaron estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que a los 45 ddg no presentó diferencias estadísticas.

En estado de chilote los tratamientos en estudio no mostraron diferencia estadística, sin embargo, el tratamiento Biol destacó con el mejor resultado obteniendo en peso de tuza 5.38 g y en número de chilotes equivalente a 42,187.5 por ha⁻¹

El rendimiento en estado de elote reflejó diferencia estadística en las variables peso de tuza (260.30 g), peso de mazorca en elote (141.27 g) y longitud de la mazorca (15.95 cm) con el tratamiento Urea 46 % N aplicando 129.1 kg ha⁻¹ a los 25 y 35 días después de la germinación. Sin embargo, no hubo diferencia estadística en las variables de longitud del elote y total de elotes.

Se obtuvieron diferencia estadística en estado de mazorca las variables diámetro de la mazorca (42.02 mm) y longitud de mazorca (14.77 cm) siendo el Testigo superior; en las variables granos por hileras y mazorcas totales no demostraron diferencia estadística, en cambio destaca la variable granos por hilera (23.37) con el tratamiento Urea 46 % N aplicando 129.1 kg ha⁻¹ a los 25 y 35 días después de la germinación

La producción de materia seca total refleja que no existen diferencias estadísticas, sin embargo, el Biol+ Urea 46 % obtuvo el valor más alto con 4,491.70 kg ha⁻¹; de igual manera los tratamientos en la variable rendimiento en grano, la aplicación de solo Biol sobresale en peso de grano con 3,962.00 kg ha⁻¹.

El análisis económico dio una TIR para el tratamiento Biol de 695.53 %, sometiéndose como la tecnología que mejor resultado se obtuvo en la investigación.

VII. RECOMENDACIONES

- Implementar el uso de la tecnología Biol para los productores, ya que, aunque no mostro diferencias estadísticas respecto al rendimiento con los demás tratamientos, fue el que logro mayor cantidad de kilogramo por hectárea de grano y un mejor beneficio costo.
- Continuar el trabajo de investigación, estableciendo diferentes dosis, mayores de las utilizadas en esta tesis.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aparcana Robles, S., y Jansen, A. (2008). Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso “Fermentación Anaeróbica” para producción de Biogás. German ProfEC-Perú SAC. Lima-Perú.
http://www.germanprofec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de%20los%20Productos%20del%20Proceso%20Fermentacion%20Anaerobica%20para%20Produccion%20de%20Biogas_ntz.pdf
- Calero, P. M. (2021, marzo 13). Brutal aumento en los precios de los insumos agrícolas a nivel mundial pone en alerta a Nicaragua. *La Prensa*.
<https://www.laprensa.com.ni/2021/03/13/economia/2796085-brutal-aumento-en-los-precios-de-los-insumos-agricolas-a-nivel-mundial-pone-en-alerta-a-nicaragua>
- Castillo, A. S. (2014). *Influencia de tres dosis de biol en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maix forrajero (Zea mays.L)*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]
<https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/865/1>.
- Coronel Loaiza, S. C. (2014). “*Obtención de Biol a partir de estiércol de ganado porcino y vacuno producido en la finca bella maría, cantón quito, sector nanegalito km 34, año 2014.*” (Tesis de Pregrado, Universidad Internacional SEK).
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1195/1/PROYECTO%20FIN%20DE%20CARRERA%20STEFANY%20CORONEL.pdf>
- Cruz, P. (2016). Sistema del biodigestor [imagen]. <https://prezi.com/qegxmwokfjvj/sistema-de-biodigestor/>
- CYMMIT. (1985). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*.
<https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- Davalos, K. M. (s. f.). *Preparación, uso y manejo de abonos orgánicos*. 16.
- Disagro. (S.f). Obtenido de HR-101: <https://www.disagro.com/hr-101>
- FAO. (s. f.). *El maíz en la nutrición humana—Índice*. Recuperado 13 de julio de 2021, de <http://www.fao.org/3/t0395s/t0395s00.htm>

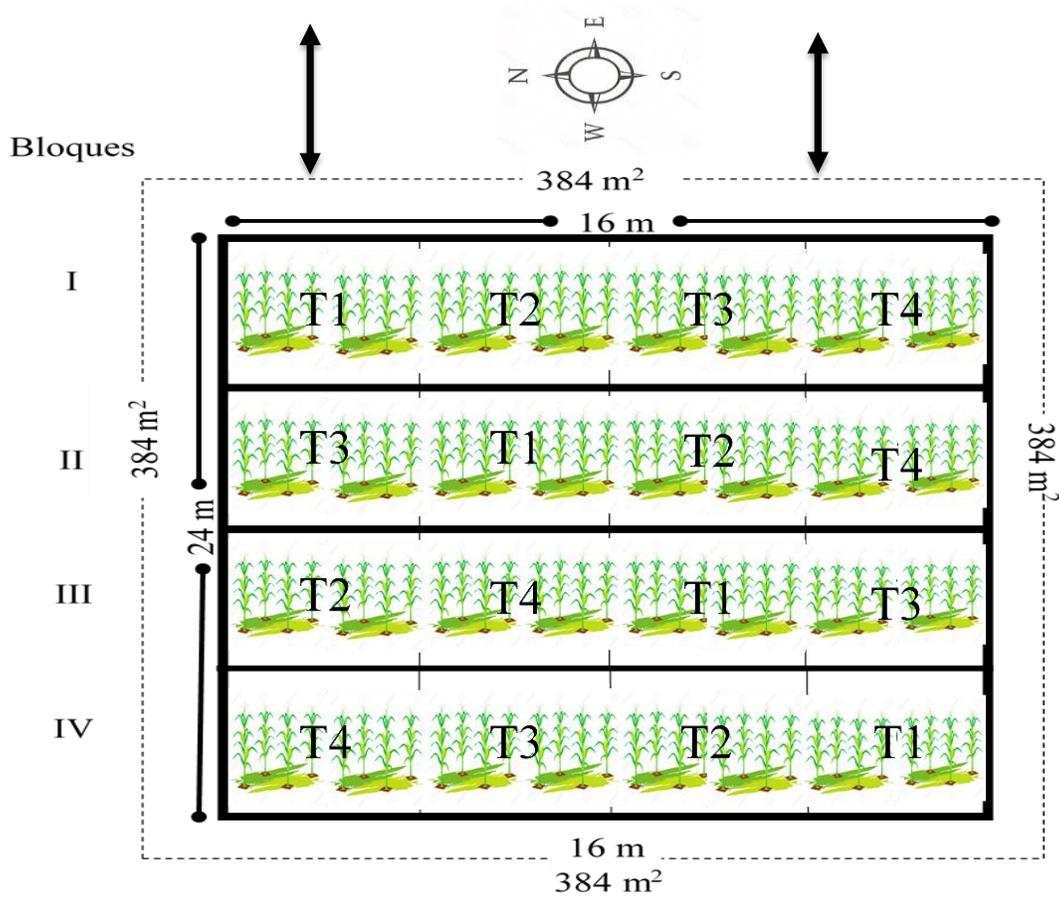
- Google Earth (2022). Posición geográfica del centro experimental agrícola de ANF. [figura 2]. Recuperado el 16 de marzo, 2022. <https://earth.google.com/web/@12.26146288,-86.07665172,69.59533978a,501.69040889d,35y,0h,0t,0r>
- Guerreño, J. O., Talavera, C. A. L., y Villalba, J. D. G. (2019). *Guía técnica del cultivo del maíz*. Jica. https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Hernández, M. R. (Junio de 2001). Obtenido de Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque: <https://www.researchgate.net/publication/334655730>
- Instituto de Estudios Territoriales [INETER]. (2022). Base de datos de temperatura y precipitación en la zona de Tipitapa-Managua en el periodo de 1957-2021.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (s. f.). *Cultivo de maíz*. Recuperado 13 de julio de 2021, de <https://inta.gob.ni/agricultura-inteligente/maiz/>
- Indalicio, W., & Juliana, P. (2018). Efecto de 05 dosis de biol para el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea Mays*, L) variedad blanca en condiciones agroecológicas del distrito de Huando- Provincia y departamento de Huancavelica: [Tesis de pregrado] <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1832>.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2013. Catálogo de semillas de granos básicos: Variedades de arroz, frijol, maíz y sorgo liberadas por el INTA. PAPSSAN, (en línea). <http://intapapssan.info/wpcontent/uploads/2013/09/Cat%C3%A1logoSemillas2013.pdf>
- INTAGRI. (2021). *El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar>.
- IPNI (International Plant Nutrition Institute). 2005. *Conozca y resuelva los problemas del maíz*. (En línea). [http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/article=85FA0405052570C8004DEFDFA79AD75D](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/article=85FA0405052570C8004DEFDFA79AD75D)
- Laboratorio de Agua y Suelo [LABSA]. (2022). Análisis químico de suelo proveniente del área CEA, Tipitapa, 2022.

- López, J.C.; Morales, H.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, 26 p.
<https://repositorio.una.edu.ni/2754/1/tnf061864e.pdf>
- Paliwal, R. L. (2001). *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*.
<http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s02.htm>
- Pérez Rugama, E. H. (2018). *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*. Universidad Nacional Agraria.
<https://repositorio.una.edu.ni/3674/1/tnf04p438e.pdf>
- Portal fruticola. (S.f). *Fertilizacion foliar*. [en línea]
<https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/03/08/guia-de-sintomas-de-deficiencias-de-micronutrientes-en-las-plantas/?layout=desktop&pdf=265234>
- Reyes Meléndez, F. M., & Martínez Villachica, A. M. (2018). *Efecto del Biol en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) Cv NB-9043, finca El Plantel, Masaya 2017* [PhD Thesis, Universidad Nacional Agraria].
<https://repositorio.una.edu.ni/3800/1/tnf04r457b.pdf>
- Ribera, B. J. (2011). *Guía para la preparación y uso del Biol* Centro de Multiservicios educativos CEMSE. <http://saludpublica.bvsp.org.bo/cc/bo40.1/documentos/676.pdf>
- Rodríguez Castillo, C. C. (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).
http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/865/1/REP_ING.AGRON_ANTHONY.RODRIGUEZ_INFLUENCIA.TRES.DOSIS.BIOL.CRECIMIENTO.RENDIMIENTO.CULTIVO.MA%20Z.FORRAJERO.ZEA.MAYS.L.pdf
- Santin, E. B. (2017). *Efecto de la aplicación de Biol en el cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedades Amadeus 77 y Dehoro, Zamorano Honduras*.

- Sistema biobolsa. (s. f.). *Manual de Biol* Sistema biobolsa.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf
- Syngenta global. (2021). *Determinantes de rendimiento de maíz*.
<https://www.syngenta.com.ar/determinantes-del-rendimiento-1>
- Toruño Rodríguez Y. F. y Flores Maltez, J. L. (2013). *Efecto de diferentes láminas de riego por goteo y aplicación fraccionada del nitrógeno, sobre el cultivo del maíz (Zea mays L.) en su rendimiento de chilote*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria.
<https://repositorio.una.edu.ni/2198/1/tnf06t712.pdf>
- Vélez Quijije, V. J., y Zambrano Solórzano, M. R. (2019). *Análisis de diferentes preparaciones de Biol en la producción del cultivo de maíz (Zea mays L.) en el Cantón Chone*. (Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí).
<https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/2297/1/ULEAM-AGRO-0051.pdf>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo de la distribución de tratamientos a evaluar en el cultivo de maíz



T1= Biol + Urea 46%

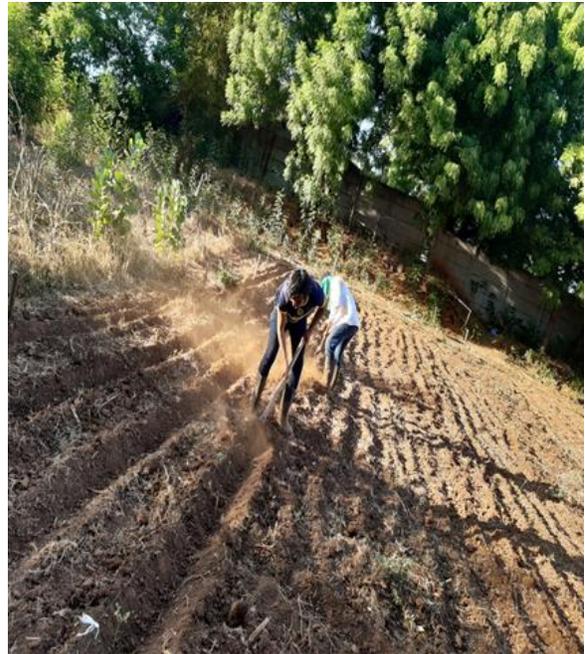
T2= Biol

T3= Urea 46 %

T4= Testigo



Anexo 2. Delimitación del área de siembra.



Anexo 3. Preparacion del terreno para la siembra.



Anexo 4. Siembra del maiz.



Anexo 5. Instalacion de riego.



Anexo 2. Manejo de malezas a los 15 ddg.



Anexo 7. Aplicación de Dipel para el control de cogollero.



Anexo 8. Medición de variables de crecimiento del maíz.



Anexo 9. Chinche del maíz (*Dichelops furcatus*).



Anexo 10. Etapa de floración del maíz



Anexo 11. Estado de chilote



Anexo 12. Cosecha de elotes.



Anexo 13. Cosecha de elotes por tratamiento para medición de variables.



Anexo 14. Pesaje de residuos de paja de maíz por tratamientos.



Anexo 15. Residuos de paja de maíz.



Anexo 16. Olote de maíz después de desgranado de las mazorcas.



Anexo 17. Pesado total de grano por tratamiento.



Anexo 18. Limpieza de grano de maíz.



Anexo 19. Prueba de humedad en Dole.



Anexo 20. Pesado de las muestras de grano seco molido.



Anexo 21. Secado de muestras de grano y paja de cultivo en horno.