



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Evaluación de la fertilización orgánico y sintético en el cultivo de maíz (*Zea mays* L), (Variedad Nutrinta Amarillo) Centro Experimental Las Mercedes, Managua, 2020

Autores

Br. Kenneth Joseph Romero

Br. Jayson Jesmany Ruíz Zamora

Asesor

Ing. Miguel Jerónimo Ríos

Managua, Nicaragua

Octubre, 2021





“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Evaluación de la fertilización orgánico y sintético en el cultivo de maíz (*Zea mays* L), (Variedad Nutrinta Amarillo) Centro Experimental Las Mercedes, Managua, 2020

Autores

Br. Kenneth Joseph Romero

Br. Jayson Jesmany Ruíz Zamora

Asesor

Ing. Miguel Jerónimo Ríos

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

Managua, Nicaragua
Octubre, 2021



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 Honorable Comité evaluador

MSc. Juan Carlos Moran Centeno
Presidente

Ing. Luis Enrique Ruiz Obando
Secretario

Martha Moraga Quezada
Vocal

Lugar y Fecha: _____

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios Padre Todopoderoso por brindarme la vida, salud, fortaleza y sabiduría, sin el nada sería posible. A nuestra madre Santísima Virgen María.

A mi madre Clementina Romero López por apoyarme incondicionalmente durante toda mi vida de la misma forma a mi tía Glenda Romero López quién ha sido como madre y siempre apoyarme.

A mis abuelos Clemente Antonio Romero Carazo y Ana López Vargas quiénes han sido parte fundamental en mi desarrollo personal y espiritual, al igual que mis demás tíos.

A mis hermanos Genssen Josué Ortiz Romero y Ruddy Antonio Ruiz Romero qué han sido una inspiración para mi desde que vinieron al mundo.

A mi mejor amigo que quiero como un hermano Elvin Oniel Rodríguez Brizuela, quién me brindó su ayuda incondicional y compartimos grandes momentos.

Br. Kenneth Joseth Romero

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios Padre Todo Poderoso por el don de la vida y otorgarme el principio de la libertad. A Jesús de Nazaret por redimirnos y a la siempre Virgen María por escuchar mis súplicas.

A mi madre Fidelina Zamora Antúnez que siempre me ha apoyado incondicionalmente a estudiar y no darme por vencido. Mi padre Ramiro Ariel Ruíz Suárez con sus consejos emotivos.

Mi hermana Jheily Jesmina Ruíz Zamora y hermanos Robin Maison Ruíz Zamora, Kewell Edriel Ruíz Zamora y Kewin Adriel Ruíz Zamora.

A mis amigos de la universidad en especial a Kenneth Joseth Romero, Elvin Oniel Rodríguez Brizuela, Jayder Johan Rugama Arauz, Axel Antonio Tórrez Martínez, Winston Adonis García Osorio y Oscar Danilo Palma Pineda.

Br. Jayson Jesmany Ruiz Zamora

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Todopoderoso y nuestra madre Santísima Virgen María por permitirme haber culminado mis estudios universitarios y la realización de este trabajo.

A mi madre Clementina Romero López y tía Glenda Romero por brindarme apoyo económico y emocional durante esta y todas las etapas de mi vida.

A la Universidad Nacional Agraria y sus maestros quienes guiaron mi formación y parte fundamental de mi formación como profesional.

A la Dirección de Unidades Educativas Productivas (DUEP) por el apoyo en los materiales de oficina equipos y colaboradores de la Unidad.

A Jayson Jesmany Ruiz Zamora por haber aceptado realizar este trabajo en conjunto conmigo. A Silke Yulixa Herrera Casanova por habernos brindado su ayuda para la culminación de este estudio.

A nuestro asesor Ing. Miguel Jerónimo Ríos Director de Unidades Educativas Productivas (DUEP) por habernos brindado su apoyo y guiarnos en la realización de este trabajo y a las señoras del comedor de la Universidad Nacional Agraria y a Darwin Jaime por ser parte esencial en la elaboración de este experimento

A Jayson Jesmany Ruiz Zamora, Axel Antonio Torrez Martínez, Wiston Adonis García Osorio, Oscar Danilo Palma Pineda y Jayder Johan Rugama Araúz quiénes estimo mucho.

Br. Kenneth Joseth Romero

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Señor Dios Padre, a su hijo Jesucristo y la Inmaculada Concepción de la Virgen María por darme la fortaleza y sabiduría de poder culminar mis estudios universitarios

A mi madre Fidelina Zamora Antúnez por darme la oportunidad de estudiar y brindarme su apoyo económico y emocional.

A la Universidad Nacional Agraria, nuestra Alma Mater que nos abrió sus puertas y tener la dicha de habernos formado en este casa de estudios.

A la Dirección de Unidades Educativas Productivas (DUEP) por el apoyo en los materiales de oficina equipos y colaboradores de la Unidad.

A Kenneth Joseth Romero por aceptar trabajar la tesis conmigo y llevar a cabo todo el proceso de la tesis.

A nuestro asesor Ing. Miguel Jerónimo Ríos Director de Unidades Educativas Productivas (DUEP) por habernos aceptado trabajar juntos y brindarnos su apoyo, guiándonos en la realización de este trabajo, a Darwin Jaime por ser parte esencial en la elaboración del ensayo, y sobre todo a las señoras del comedor de la Universidad Nacional Agraria.

Br. Jayson Jesmany Ruiz Zamora

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Clasificación Botánica del maíz	4
3.2 Descripción Botánica del maíz	4
3.2.1 Raíces	4
3.2.2 Tallos	4
3.2.3 Hojas	5
3.2.4 Inflorescencia	5
3.2.5 Mazorca	5
3.2.6 Estructura del grano	5
3.3 Factores edafoclimáticos	6
3.4 Rendimiento del cultivo de maíz	6
3.5 Fertilizantes	6
3.5.1 Fertimaíz	6
3.5.2 Urea	7
3.5.3 Bocashi	7
3.6 Producción de maíz a nivel mundial	7
3.7 Estudios realizados	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	10
4.1 Ubicación	10

4.2	Clima	10
4.3	Suelo	10
4.4	Diseño metodológico	11
4.5	Descripción de los tratamientos	11
4.6	Condiciones	12
4.7	Descripción de la variedad	12
4.8	Variables a evaluar	14
4.8.1	Variables de crecimiento	14
4.8.2	Variables de rendimiento	14
4.9	Recolección de datos	14
4.10	Análisis de datos	14
4.11	Análisis económico	15
4.12	Manejo agronómico	15
4.12.1	Preparación de suelo	15
4.12.2	Siembra	15
4.12.3	Aporque	15
4.12.4	Fertilización	15
4.12.5	Control de malezas	15
4.13	Materiales y equipos	15
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1	Variables de crecimiento	17
5.1.1	Atura de planta (cm)	17
5.1.2	Número de hojas por planta	18
5.1.3	Diámetro de tallo (cm)	19
5.1.4	Área Foliar (cm ²)	20
5.1.5	Longitud de panoja (cm)	21
5.2	Variables de rendimiento	22
5.2.1	Hileras por mazorca	22
5.2.2	Número de granos por hilera	22
5.2.3	Peso de mil semillas	22
5.2.4	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	23
5.3	Análisis económico	24

5.3.1	Presupuesto parcial	24
5.3.2	Análisis de dominancia	25
5.3.3	Tasa de retorno marginal	25
VI.	CONCLUSIONES	27
VII.	LITERATURA CITADA	28
VIII.	ANEXOS	32

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Contenido de nutrientes Fertimaíz DISAGRO	6
2. Propiedades químicas del suelo (Laboratorios de suelo y agua)	11
3. Dimensiones de los tratamientos, bloques y área total del ensayo	11
4. Descripción de los tratamientos	12
5. Características agronómicas del cultivo a evaluar (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria)	13
6. Herramientas utilizadas en campo	16
7. Altura promedio de la planta de maíz en diferentes etapas fenológicas	17
8. Promedio de número de hojas por planta en tres tratamientos	18
9. Diámetro de tallo promedio de la planta de maíz en diferentes etapas fenológicas	19
10. Promedio de área foliar de la planta de maíz en tres tratamientos	20
11. Promedio de longitud de panoja de la planta de maíz	21
12. Promedio de hileras por mazorca, granos por hilera y peso de mil semillas	22
13. Presupuesto parcial de los tratamientos sintéticos, combinado y orgánico	24
14. Análisis de dominancia de los tratamientos sintético, combinado y orgánico	25
15. Tasa de retorno marginal del tratamiento sintético	25

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación geográfica del centro de experimentación y validación de Tecnología finca las mercedes.	10
2. Rendimiento de los tratamientos, Centro Experimental Las Mercedes	23

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO	PÁGINA
1. Establecimiento de Ensayo	30
2. Momento de toma de datos	30
3. Plantas de maíz variedad Nutrinta amarillo	30
4. Toma de datos de mazorca	30
5. Altura promedio de la planta de maíz en diferentes etapas fenológicas	33
6. Promedio de número de hojas por planta de maíz en diferentes etapas fenológicas	33
7. Promedio de área foliar de la planta de maíz en diferentes etapas fenológicas	33
8. Plano de campo	34

RESUMEN

El experimento se realizó en el Centro Experimental y Validación de Tecnología (CEVAT) Las Mercedes propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km. 10½ carretera norte, Managua, entrada al Nuevo Carnic 1000 m. al norte, durante la época postrera del 2020. El objetivo del experimento fue evaluar el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz variedad Nutrinta amarillo utilizando dos tipos de fertilizantes y la combinación de ambos, el primero sintético (Fertimaíz + Urea 46%), el segundo fue combinación de sintético y orgánico (Fertimaíz + Urea 46% + Bocashi), tercero fue orgánico (Bocashi). Se instauró un arreglo unifactorial de bloques completos al azar (BCA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones, los datos fueron analizados con el programa estadístico INFOSTAT aplicando análisis de varianza y prueba de media Tukey al 5% de error. El área total del ensayo fue de 437m². La única variable que mostró diferencia estadística significativa fue altura de la planta siendo el tratamiento sintético el de mayor valor (186.3 cm), mientras que para las variables número de hojas (12.00), diámetro de tallo (2.54 cm), área foliar (627.66 cm²), longitud de panoja (48.85 cm), hileras por mazorca (14.50), granos por hilera (32.25), peso mil semillas (0.29kg) y rendimiento (3 027 kg ha⁻¹) no se observó diferencia significativa. El presupuesto parcial mostró que el tratamiento más rentable fue el sintético y en la tasa de retorno marginal indicó que por cada córdoba invertido el productor ganó 1.54 C\$ con el tratamiento sintético.

Palabras Claves: Fertilización, rendimiento, crecimiento, rentabilidad

ABSTRACT

The experiment was carried out at the Las Mercedes Experimental Center owned by the National Agrarian University, located at km. 10½ north highway, Managua, entrance to the New Carnic 1000 m. to the north, during the rainy season of 2020. The objective of the experiment is to evaluate the growth and yield of the cultivar Nutrinta yellow corn using three different fertilizers, the first synthetic (Fertimaíz + Urea 46%), the second was a combination of synthetic and organic (Fertimaíz + Urea 46% + Bocashi), third was organic (Bocashi). A unifactorial arrangement of completely randomized blocks (BCA) was established, with three treatments and four repetitions, the data were analyzed with the INFOSTAT statistical program applying analysis of variance and Tukey mean test at 5% error. The total test area was 437m². The only variable that showed a significant difference is plant height, the synthetic treatment being the highest value (186.3 cm), while for the variables number of leaves (12.00), stem diameter (2.54 cm), leaf area (627.66 cm²), panicle length (48.85 cm), rows per ear (14.50), grains per row (32.25), weight thousand seeds (0.29) and yield (3027 kg ha⁻¹), no significant difference was observed. The partial budget showed that the most profitable treatment is synthetic and the marginal rate of return indicates that for each Cordoba invested, the producer earns 1.54 C \$ with the synthetic treatment.

Keywords: Fertilization, yield, growth, profitability

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un pasto de la familia botánica Poaceae o Gramineae. Este cultivo se originó mediante el proceso de domesticación que llevaron a cabo los antiguos habitantes de Mesoamérica, a partir de los “teocintles” gramíneas muy similares al maíz, que crecen de manera natural principalmente en México y en parte de Centroamérica (Biodiversidad Mexicana, 2020, párr. 2).

La producción mundial de maíz en el ciclo comercial 2018/19 se ubicó en 1 123 millones de toneladas, lo que significa un incremento anual de 4.2 por ciento. Para el ciclo 2019/20, se proyecta una producción mundial de 1 104 millones de toneladas, lo que significaría un decremento anual de 1.7 por ciento. El consumo mundial también se mantiene al alza. Al cierre del ciclo 2018/19 se ubicó en un máximo histórico de 1 127 millones de toneladas. El consumo forrajero representa 62.5 por ciento y el consumo humano e industrial 37.5 por ciento. Se prevé que en el ciclo 2019/20 se ubique en 1 125 millones de toneladas (Inforural, 2019, párr. 2).

La producción de maíz en Nicaragua es realizada en su mayoría por pequeños y medianos productores, además este rubro ocupa la principal área cultivada. Se cultiva en tres épocas: primera, postrera y apante. Existen una serie de factores que condicionan los rendimientos del maíz entre ellos están: precipitaciones irregulares, siembra en laderas poco fértiles y erosionadas, falta de semilla de buena calidad, uso inadecuado de agroquímicos, falta de apoyo técnico, falta de infraestructura para el almacenamiento de la cosecha, entre otros. Para aumentar la producción de maíz se debe usar semilla certificada, realizar un buen manejo en la fertilización y una excelente planificación desde la preparación del terreno hasta la postcosecha. Este rubro es uno de los granos que está presente en la canasta básica de los nicaragüenses, es de gran importancia puesto que, forma parte de la seguridad alimentaria y nutricional de los nicargüenses en especial de la población rural de escasos recursos económicos, junto a otros granos como el arroz y los frijoles (García y Plata, 2015, p. 7, 22).

El maíz tiene una gran capacidad de absorción de nutrientes por eso demanda una fertilización alta, sobre todo en nitrógeno para poder obtener rendimientos altos, es importante hacer un diagnóstico de las necesidades del cultivo tomando en cuenta los aportes de nutrientes del suelo. El tipo de suelo, la rotación de cultivos y la fertilización realizada

anteriormente son algunos aspectos que se deben considerar para realizar planes de fertilización (Saavedra, Jana y Kher, 2019, p. 269). Catholic Relief Services (CRS) (2019) plantea que es necesario cumplir con 4 requisitos para el manejo responsable de nutrientes, dichos requisitos son: fuente, dosis, momento y lugar, estos permiten sostener y aumentar la producción de un cultivo (p. 1).

El presente estudio de investigación explicativa es de carácter experimental, pretende generar nueva información, al evaluar el efecto de la fertilización con Fertimaíz, urea, fertilización orgánica con Bocashi y la combinación de los tres, en las variables de crecimiento y rendimiento del maíz variedad nutrinta amarillo.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la fertilización orgánica y sintético en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L) variedad nutrinta amarillo, Centro Experimental Las Mercedes.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar la fertilización sintética (Fertimaíz + Urea 46%), orgánica (Bocashi) y la combinación de los dos en las variables de crecimiento del cultivo de maíz variedad nutrinta amarillo.
- Demostrar el efecto de la fertilización orgánica, sintética y combinado sobre las variables de rendimiento de la variedad nutrinta Amarillo.
- Determinar la rentabilidad económica entre los tratamientos en estudio.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Clasificación Botánica del maíz

Ortigoza-Guerreño, López-Talavera y González-Villalba (2019) mencionan que la planta de maíz se clasifica en:

“Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poáceas/Gramíneas

Género: Zea

Especie: mays

Nombre Científico: Zea mays L.” (p. 17).

3.2. Descripción Botánica del maíz

Ortigoza-Guerreño et al., (2019) describen al maíz como una planta anual con un desarrollo rápido y de porte robusto y que en ocasiones puede alcanzar hasta los 5 metros de altura, pero lo normal es de 2 a 2 50 metros (p. 18).

3.2.1. Raíces

Son fasciculadas, proporciona a la planta un anclaje perfecto, suelen sobresalir nudos de las raíces adventicias a nivel del suelo, además provee a la planta de alimentos (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2018, p. 1).

3.2.2. Tallos

Sirve de soporte a hojas, flores y frutos, la función es transportar, sales minerales desde la raíz hasta la parte aérea de la planta. se compone de una pared de haces vasculares, epidermis protectora y una médula con tejido esponjoso de color blanco (Obando-Arequipa, 2019, p. 15).

3.2.3. Hojas

La hoja está formada por lámina cuello y vaina, además posee gran similitud con las demás gramíneas. La vaina se define como una estructura cilíndrica, la cual sale de la parte superior del nudo y es abierta hasta la base. La zona de transición entre la lámina abierta y la vaina envolvente es que es definida como cuello.

La lámina mide generalmente 1.5 m de largo y 0.10 m de ancho, es una banda angosta y delgada que finaliza en un ápice muy agudo. El nervio central es bien desarrollado y sobresaliente en el envés de la hoja y en la parte superior es cóncavo (Ortigoza-Guerreño et al., 2019, p. 18).

3.2.4. Inflorescencia

Es monoica posee flores femeninas y masculinas en la misma planta, pero de forma separada. La flor masculina está ubicada en la parte alta de la planta y tiene forma de panícula. La flor femenina es la que se convertirá en mazorca y está situada en la parte media de la planta y en realidad se conforma por numerosas flores dispuestas a una ramificación lateral, de forma cilíndrica y está envuelta por falsas hojas, brácteas o espata. La planta de maíz es de polinización cruzada, la dehiscencia de las anteras ocurre generalmente uno a dos días de la aparición de los estilos (Urbina-Algabas, 2015, p. 4).

3.2.5. Mazorca

Es compacta y protegida por un conjunto de hojas transformadas y en la mayor parte de los casos éstas las cubren por completo (Ortigoza-Guerreño et al., 2019, p. 18).

3.2.6. Estructura del grano

Se desarrollan en la flor femenina de la planta la cual es llamada espiga, a través del almacenamiento de productos de la fotosíntesis, absorción por medio de las raíces y metabolismo de la planta. Para la recolección se remueven las brácteas que protegen la mazorca y los granos se separan de forma manual o mecánica. El número de granos y de hileras está en dependencia del cultivar utilizado y el vigor de la planta (Ortigoza-Guerreño et al., 2019, p. 18).

3.3. Factores edafoclimáticos

Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (2014) menciona que las precipitaciones óptimas para el cultivo de maíz están entre 650 a 1 300 mm al año, la temperatura idónea oscila de 18°C a 30°C, la humedad relativa está en un rango de 65 a 85%, el maíz se puede cultivar en altitudes que van de 0 a 2 500 msnm y los vientos deben ser moderados. Las condiciones aptas que debe tener el suelo para un buen desarrollo del cultivo de maíz son: textura franca, franco-arcilloso o franco-limoso con un pH de 5.5 a 6.5 con buen drenaje, profundos y que no presenten riesgos de erosión (p.12).

3.4. Rendimiento del cultivo de maíz

Castillo-Cajina y Bird Moreno (2017) reportaron que para el ciclo productivo 2012/13 el 66.9% de la producción de maíz fue en época de primera, 25.3% en postrera y el 7.9% en apante. En los departamentos donde se cultiva la mayor cantidad de maíz de primera son Jinotega, Matagalpa y Nueva Segovia, en estos departamentos es donde se da la mayor producción y representa el 47.1 % del área total sembrada. Los rendimientos promedio en la época de primera fueron de 1 232.16 kg ha⁻¹ (19.1qq mz⁻¹ aproximadamente). Los mayores rendimientos se registraron en Nueva Segovia con 2 161.11 kg ha⁻¹ (33.5qq mz⁻¹), Jinotega con 1 619.22 kg ha⁻¹ (25.1 qq mz⁻¹) y Masaya con 1 354.73 kg ha⁻¹ (21 qq mz⁻¹), el resto de los departamentos obtuvieron rendimientos que estaban por debajo de la media (p. 109).

3.5. Fertilizantes

3.5.1. Fertimaíz

DISAGRO (s.f.) informa que Fertimaíz es un fertilizante que posee un balance de macronutrientes de tal forma que beneficia el desarrollo rápido del cultivo y del sistema radicular (párr. 1), además reduce pérdidas de nitrógeno por volatilización (párr. 2). Fórmula (Cuadro 1)

Cuadro 1. Contenido de nutrientes en Fertimaíz en 45.36 kg (1qq) DISAGRO

Nutriente	Contenido %
Nitrógeno (N)	14
Fósforo (P ₂ O ₅)	23
Potasio (K ₂ O)	7
Azufre (S)	5.8
Zinc (Zn)	0.07

3.5.2. Urea

La urea es el fertilizante nitrogenado que más se usa en el mundo. El alto contenido de nitrógeno de 46% en 45.36 kg (1 qq) hace que sea de mucha utilidad al realizar mezclas con otros fertilizantes, también es muy recomendado para cultivos altamente demandantes de nitrógeno y es muy económico. Se puede utilizar en diferentes cultivos como cereales, frutales y hortalizas (FERTIMAX, s.f. párr. 1).

3.5.3. Bocashi

El Bocashi es un abono orgánico, es el resultado de un proceso de fermentación en un tiempo relativamente corto (10 a 25 días). Para realizar este abono se requiere estiércol de ave o cama de pollo, cascarilla de arroz, sémola, tierra, carbón, roca fosfórica, cal, melaza, levadura o tierra y agua. Los contenidos de nutrientes pueden variar de entre 1-4% de nitrógeno, 1-4% de fósforo y 1-4% de potasio (Álvarez y Rimski-korsakov, 2016, p. 138).

3.6. Producción de maíz a nivel mundial

A nivel mundial, en el ciclo 2011/12 se produjo un aproximado de 883.3 millones de toneladas métricas de maíz (19 471 millones de qq.), de las cuales 35.5 por ciento pertenece a Estados Unidos, superior al segundo productor que fue China, cuya producción representó 21.8 por ciento del total. Para el ciclo 2012/13, se produjo 855.1 millones de toneladas métricas (USDA, 2013) (Castillo y Bird, 2017, p. 102). En materia de productividad, el rendimiento promedio de la siembra de maíz en Estados Unidos sobrepasa los 6 469 kg ha⁻¹ (USDA, 2013), superior a los 1 229 kg ha⁻¹ que exhibe Nicaragua. Por su parte, en Centroamérica, El Salvador, Costa Rica y Guatemala son los que tienen mayores rendimientos, los que sobrepasaron en 133.7, 40.7 y 33.1 por ciento, respectivamente, a los de Nicaragua, en el período 2001-2012. Según la misma fuente en El Salvador, el rendimiento promedio (2 872 kg ha⁻¹) se acerca al de México (2 982 kg ha⁻¹) y son seguidos por Belice (2 574 kg ha⁻¹) (Castillo-Cajina y Bird-Moreno, 2017, pp. 102 -103).

En cuanto al comercio exterior nicaragüense, en el período 2000-2012, las exportaciones de maíz promediaron 1.2 millones de dólares anuales (US\$1.1 millones por maíz blanco), mientras las importaciones fueron 19.4 millones de dólares anuales (US\$18.1 millones correspondieron a compras de maíz amarillo). En términos de volumen, las exportaciones promedio anuales ascendieron a 4 982 toneladas (99.8% maíz blanco) y las importaciones a 77 221 toneladas (95% maíz amarillo). Con relación a la producción total, las exportaciones de maíz representan cerca de 1.5 por ciento, denotando el uso preponderante de la producción para el consumo interno (Castillo-Cajina y Bird-Moreno, 2017, p. 103).

3.7. Estudios realizados

Flores-Arias y Lino-Frank (2015) compararon la eficiencia de dos fertilizantes sintéticos en variables de altura y rendimiento de maíz en la variedad Nutrinta amarillo, los tratamientos a evaluar fueron 12-30-10 con dosis de 192 kg ha⁻¹ y urea al 46% con 200 kg ha⁻¹ (T₁), el segundo tratamiento contaba con Fertimaíz 18-20-10-1-5Mg-7-18S-2Zn con una dosis de 128 kg ha⁻¹ y Nitro Xtend 46-0-0 con una dosis de 200 kg ha⁻¹(T₂), más la evaluación del testigo al cual no se le aplicó ningún tipo de fertilizante (p. 6). Hubo diferencias estadísticas en variables de crecimiento, sin embargo, en las variables de rendimiento no hubo diferencia significativa entre los tratamientos a los que se aplicaron fertilizantes (p.23).

Ríos, Gómez-Martínez, Bolaños-Aguilar y Gutiérrez matamoros (2019) realizaron estudio sobre el efecto de la fertilización orgánica y sintética en maíz variedad nutrinta amarillo, evaluaron tres tratamientos. El primer tratamiento fue fertilizantes tradicionales los cuales son completo 12-30-10 este se aplicó a una dosis de 282 kg ha⁻¹ y urea al 46% se aplicó 220 kg ha⁻¹ el segundo tratamiento estaba compuesto de fertilizantes especiales los cuales son Fertimaíz 18-20-10-1.5-7.2-1.2 la dosis aplicada fue de 140 kg ha⁻¹ y Nitro Xtend 46-0-0 con una dosis de 163 kg ha⁻¹ y al tercer tratamiento se aplicó humus de lombriz 2.22%N-0.88%P-0.64%K a una dosis de 6 099 kg ha⁻¹ (p. 43). En las variables de crecimiento hubo diferencia estadística en la altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas siendo los tratamientos sintéticos los que presentaron mejor resultado, en cuanto al rendimiento los tratamientos sintéticos los resultados fueron superior al tratamiento orgánico (p. 46).

Aguirre-Yato y Alegre Orihuela (2015) realizaron estudio sobre el uso de fertilizantes nitrogenados no convencionales en maíz el estudio se llevó a cabo en Perú. El ensayo estaba diseñado en bloques completamente al azar constaba de 6 tratamientos, al tratamiento uno se le aplicó fertilización completa con una dosis de 200-100-70 kg ha⁻¹ utilizado urea 46%, en el tratamiento dos se utilizó harina de cuernos y pezuñas como fertilizante, en el tratamiento tres como fuente de fertilizante se utilizó residuos hidrolizados de pescado, el tratamiento cuatro estuvo conformado por la aplicación de fertilización completa más harina de cuernos y pezuñas, en el tratamiento cinco no se utilizó fertilizante nitrogenado, sin embargo se aplicó fósforo (P) y potasio (K), el tratamiento 6 se utilizó como testigo (p. 159). El tratamiento uno y tratamiento 4 fueron los que se desarrollaron mejor en cuanto a la altura de planta y producción de biomasa y rendimiento (p. 161).

Méndez-Moreno, León-Martínez, Gutiérrez-Miceli, Rincón-Rosales y Alvarez-Solís (2012) ejecutaron un estudio en México para evaluar el efecto de la fertilización con humus de lombriz en el cultivo de maíz, el diseño del ensayo era en bloque completamente al azar con 8 tratamientos, el tratamiento uno era un testigo, en el tratamiento dos se aplicó fertilizante químico, el tratamiento 3 constaba de humus de lombriz, en el tratamiento cuatro se hizo una aplicación de té de humus de lombriz y las mezclas, el fertilizantes usado en el tratamiento cinco fue la combinación de humus de lombriz y químico, el tratamiento seis constaba como fuente de fertilizante con humus de lombriz y foliar, el tratamiento siete se fertilizó con fertilizante químico y foliar y en tratamiento 8 se utilizó como fertilizante la combinación de químico humus de lombriz y foliar (p. 50).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación

El estudio se realizó en el centro experimental de validación de tecnología (CEVAT) Las Mercedes propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km. 10½ Carretera Norte, Managua, entrada al carnic 1000 m. al Norte. Sus coordenadas geográficas corresponden a: 12° 9'20.57" de latitud Norte y 86°10'23.34" longitud Oeste, a 56 msnm. El experimento se realizó en la época de postrera.

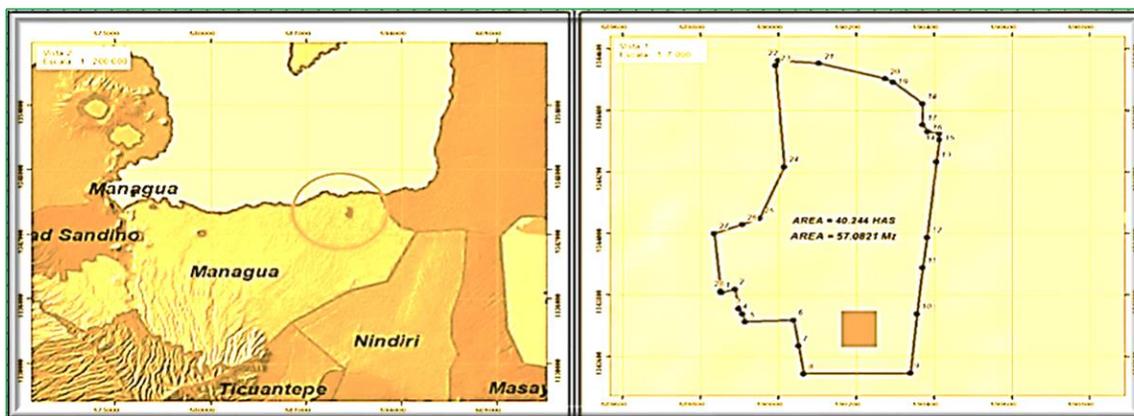


Figura 1. Ubicación geográfica del centro de experimentación y validación de Tecnología Las Mercedes.

4.2. Clima

En Managua durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 36 °C. Las precipitaciones oscilan de 1 150 mm a 1 350 mm anuales. Una humedad relativa de 74% con vientos de 1.6 m/s.

4.3. Suelo

Los suelos son complejos debido a los materiales de los que está conformado los cuales son: material volcánico, aluviales y lacustres, presentan capas endurecidas formadas por la calcificación y silificación. Son suelos con coloraciones oscuras de textura arcillosa hasta franco arenosa, los contenidos de materia orgánica suelen ser altos y en algunos casos supera el 5%, el pH varía entre 6.8 y 9.4, la capacidad de intercambio catiónico es alta en promedio de 35 meq/100 g de suelo. La presencia de capas duras que son poco permeables dificulta el drenaje de algunas zonas (Villanueva-Zacuala, 1990, p. 18, 19).

Las propiedades químicas del suelo en el que se estableció el experimento se describen a continuación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Propiedades químicas del suelo de la finca las Mercedes

pH	M.O	N	P	K	CE	Ca	Mg	Na	CIC	Da	Prof.
			ppm	meq/100g	$\mu\text{S/cm}$	meq/100g	meq/100g		meq/100g	g/cm^3	cm
6.82	3.8	0.19	3.9	4.19	111	27.45	9.24	0.28	46.64	1.02	25

4.4. Diseño metodológico

El experimento se estableció en un diseño experimental unifactorial de Bloques Completos al Azar (BCA), constó de tres tratamientos, cuatro repeticiones, siendo un total de doce parcelas. Cada tratamiento constó de cuatro surcos, la parcela útil la formaron los dos surcos centrales (cuadro 3).

Cuadro 3. Dimensiones de los tratamientos, bloques y área total del experimento de maíz en CEVAT Las Mercedes

Dimensiones del experimento		
Unidad Experimental	7 m x 4 m	28 m ²
Parcela útil	5 m x 1.60 m	8 m ²
Bloque experimental	23 m x 4m	92 m ²
Área total	23 m x 19 m	437 m ²

El experimento se conformó de 3 tratamiento, 4 bloques, siendo un total de 12 parcelas, cada tratamiento tuvo un total de 4 surcos separados a 0.80 m y una distancia entre planta de 0.20 m de los cuales 2 formaron parte de la parcela útil (ver anexo 8).

4.5. Descripción de los tratamientos

En el tratamiento uno se utilizó fertilizantes sintéticos los cuales son el fertilizante especial Fertimaíz (14-23-7-5.8S-0.07Zn) y Urea al 46%, el tratamiento dos comprendió el uso de fertilizantes sintéticos más orgánico los cuales son fertimaíz, urea 46% y Bocashi y en el tratamiento tres se aplicó Bocashi el cual fue adquirido de una empresa de la industria cárnica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos en el cultivo de maíz

Tratamientos	Descripción	Fórmula	Dosis Kg ha^{-1}
T1	Fertimaíz	14-23-7-5.8S-0.07Zn	225
	Urea 46%	46 N	96.42
T2	Fertimaíz	14-23-7-5.8S-0.07Zn	113.57
	Urea 46%	46 N	48.57
	Bocashi	1.76%-0.30%-0.20%- 0.92%C-0.16%Na 0.3%S-0.87%Fe-60.6 Zn ppm-8 B ppm	5 000
T3	Bocashi	1.76%-0.30%-0.20%- 0.92%C-0.16%Na 0.3%S-0.87%Fe-60.6 Zn ppm-8 B ppm	10 000

4.6. Condiciones

El experimento se estableció el 12 de septiembre de 2019 y se cosechó el 23 de diciembre. El Fertimaíz y Bocashi se aplicó al momento de la siembra, mientras que la urea se fraccionó en dos momentos, la primera aplicación a los 15 días después de la siembra y la segunda aplicación a los 45 días después de la siembra.

4.7. Descripción de la variedad

Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (Funica) (s.f) revela que:

La variedad mejorada NUTRINTA-AMARILLO proviene de la población S99TLYQ-AB y fue introducida por el Programa Regional de Maíz para Centroamérica y el Caribe (PRM) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz

y Trigo (CIMMYT) en convenios de colaboración con el Programa Nacional de Maíz de Nicaragua. La variedad NUTRINTA-AMARILLO fue desarrollada por el Rubro maíz del proyecto de investigación y desarrollo del INTA. (párr 1).

Revistaproagro (2016) destaca que:

Nutrinta Amarillo contiene el doble de proteína que el maíz común, lo que brinda una buena alternativa para la alimentación. Su composición química es Nitrógeno 1.66 % Triptófano 0.089 % y Proteína 10.4 % (párr. 8).

La variedad maíz que se utilizó para el experimento Nutrinta Amarillo, esta variedad se puede cultivar desde los 200 a >1000 msnm, se adapta a los suelos francos, franco-arenoso y arenoso arcilloso, se puede establecer en pendientes de 15 hasta más de 30%, pH de 6.5 a 7.0, se desarrolla bien en temperaturas de 22 a 29°C y necesita precipitaciones de 1000 a 1800 mm durante todo el ciclo biológico (INTA, 2001, párr. 2) (ver anexo 3). Las características de la variedad se aprecian en el cuadro 5.

Cuadro 5. Características agronómicas del cultivo maíz variedad nutrinta amarillo (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria)

Características Agronómicas	
Días a flor femenina	54 a 56
Altura de planta (cm)	220 a 230
Altura de inserción de mazorca (cm)	110 a 120
Textura de grano	Semi cristalino
Color de grano	Amarillo
Días a cosecha	110 a 115
Madurez relativa	Intermedia
Rendimiento comercial (qq mz)	45 a 60
Ventajas sobresalientes	Alta calidad de proteína

4.8. Variables a evaluar

4.8.1. Variables de crecimiento

Altura de la planta (cm): esta variable se midió con una cinta métrica desde el tallo sobre la superficie del suelo hasta el punto más alto de la planta, se seleccionaron 10 plantas al azar.

Diámetro del tallo (mm): se seleccionaron 10 plantas al azar para medir esta variable se utilizó un vernier a una altura de 5 cm aproximada de la superficie del suelo

Número de hojas: Se seleccionaron 10 plantas al azar y se contaron las hojas activas

Área foliar (cm²): Se seleccionaron 10 plantas al azar y se midió el largo y ancho de la hoja, multiplicado por la constante 0.75

Longitud de la panoja (cm): se tomó la medida de 10 plantas utilizando una cinta métrica desde la inserción de la panoja hasta la parte superior de la espiga central.

4.8.2. Variables de rendimiento

Número de hileras por mazorca: se evaluaron 10 mazorcas y se contaron las hileras en cada una de las mazorcas (ver anexo 4).

Número de granos por hilera: se contó cada uno de los granos por hilera en 10 mazorcas.

Peso de mil semillas: se contabilizaron ocho réplicas de cien semillas de las cuales se obtuvo el peso promedio, luego se multiplicó por diez para obtener el peso de mil semillas en gramos, seguidamente el peso se convirtió a kilogramos.

Rendimiento Kg ha⁻¹: la cosecha de la parcela útil se pesó y se hizo la relación para obtener el rendimiento en kg por hectárea.

4.9. Recolección de datos

Se tomaron datos cada siete días después de la siembra para las variables de crecimiento y la evaluación se hizo en 10 plantas de la parcela útil para medir las variables antes mencionadas.

Las variables de rendimiento se evaluaron después de la cosecha (ver anexo 2).

4.10. Análisis de datos

Los datos se analizaron estadísticamente haciendo uso del software estadístico INFOSTAT, se realizó un análisis de varianza al 95% de confianza (ANDEVA) y separación de medias por medio de la prueba de Tukey al 5%.

4.11. Análisis económico

Para realizar el análisis económico se siguió la metodología del CIMMYT en el cual se aplicará el presupuesto parcial, análisis de dominancia y análisis de retorno marginal.

4.12. Manejo agronómico

4.12.1. Preparación del suelo

Se realizó haciendo el uso de motoguadaña para el desmalezamiento de la vegetación arvense luego se retiró el rastrojo usando rastrillos, a continuación, mediante el uso de azadones se dejó el suelo libre de macollas de las arvenses anteriormente chapodadas.

4.12.2. Siembra

La siembra se hizo manualmente haciendo un pequeño surco en la superficie del suelo utilizando un azadón, se procedió a hacer un total de 4 surcos a una distancia de 0.80 m de distancia y la semilla se depositó dentro del surco a una distancia de 0.20 m (ver anexo 1).

4.12.3. Aporque

El aporque se hizo mediante el uso de azadón y palas a los 15 y 45 días después de la siembra

4.12.4. Fertilización

Calculando las dosis a aplicar mediante el análisis de suelo se pesó las cantidades exactas de fertilizante para cada tratamiento, el Bocashi y Fertimaíz se aplicó al momento de la siembra de manera homogénea en el área de cada tratamiento, mientras que la urea se fraccionó en 2 momentos, el primero a los 15 días y el segundo a los 45 días después de la siembra, de igual manera los fertilizantes anteriores.

4.12.5. Control de malezas

El control de malezas se hizo utilizando azadón y machetes a los 15, 40 y 60 días después de la siembra.

4.13. Materiales y equipos

En el proceso de la investigación se requiere de múltiples herramientas que son indispensables para la misma (cuadro 6).

Cuadro 6. Herramientas utilizadas en campo

Material	Equipos
Pala	Reglas
Azadón	Lapicero
Machete	Marcador
Rastrillo	Cuaderno
Cinta métrica	Computadora
Vernier	
Bolsas plásticas	
Balanzas	

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variables de crecimiento

5.1.1. Altura de planta (cm)

Pérez-Leal (2017) señala que, la actividad del meristemo apical en conexión con los primordios foliares son los responsables del crecimiento de una planta. El alargamiento se produce por la elongación celular y en otros casos es causa de la división celular. Existen factores que condicionan el crecimiento como lo son nutrientes, luz, agua y reguladores de crecimiento (pp. 10, 36). Obando-Arequipa (2019) menciona que el maíz es una planta que presenta gran desarrollo vegetativo alcanzando de 2 a 2.5 m de altura (p.15).

En el cuadro 7 se observan los resultados de la variable altura de planta, el análisis estadístico reflejó que a los 14, 28 y 42 días después de la siembra hubo diferencia estadística significativa, la prueba de media de Tukey indicó que el tratamiento con mayor altura en promedio fue el sintético con 186.83 cm, en segunda categoría el combinado con un promedio de altura de 160.60 cm y en tercera categoría que fue el de menor el tratamiento orgánico promediando una altura de 117.28 cm. DISAGRO (S. f.) describe que esto se debe a que la fuente de nitrógeno de fertimaíz es nitroxtend el cuál minimiza las perdidas por volatilización por su recubrimiento con n(n-butil) tiofosfórico triamina que es un inhibidor de la enzima ureasa, debido a esto la planta puede aprovechar un mayor porcentaje del elemento (párr. 2) y a la acción de la urea en la variable estudiada, puesto que, Tomcompany (2016) menciona que, dicho fertilizante proporciona un alto contenido de nitrógeno, el cual es esencial para el crecimiento de las plantas y además se relaciona con el contenido proteico de los cereales (párr. 10). A los 7, 21 y 35 días después que se sembró el maíz no presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos (ver anexo 5).

Cuadro 7. Altura promedio de la planta de maíz en diferentes etapas fenológicas

Tratamientos	Altura de planta (cm)		
	Días después de la siembra		
	14	28	42
Sintético	13.98 a	88.50 a	186.83 a
Combinado	13.98 a	80.38 a	160.60 ab
Orgánico	12.72 b	66.98 b	117.28 b
CV (%)	3.14	7.80	13.79
Pr < 0.05	0.01	0.01	0.01
DMS	0.92	13.29	46.35

5.1.1. Número de hojas por planta

Megías, Molist y Pombal (2017) exponen que, las hojas son los órganos fotosintéticos por excelencia debido a la gran cantidad de cloroplastos que poseen, además son los responsables de controlar la transpiración y evitar pérdidas de agua (p.2). El número de hojas de una planta de maíz, dependiendo de la variedad, puede variar entre 12 y 14 (Asociación andes, p. 18, 2019).

El cuadro 8 muestra que a los 14, 21, 28 días después de la siembra no se demostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, sin embargo a los 35 días después de la siembra se presentó diferencia estadística significativa, la prueba de medias de Tukey reflejó que en primera categoría se encontró el tratamiento sintético con 11 hojas en promedio, en segunda categoría el tratamiento combinado con un promedio de 10.25 hojas y en tercera categoría el tratamiento orgánico con 8.75 hojas en promedio, esto se debe probablemente a que el bocashi puede perjudicar el desarrollo de los cultivos a causa de la concentración de ácidos orgánicos de cadena corta, amoníaco o sales, debido a que la materia orgánica no está totalmente descompuesta (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, 2016, p. 39). A los 42 días después de la siembra no se evidenció diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Sobalvarro y Díaz (2016) reportaron en su estudio un promedio de 12 hojas por planta (p. 13), siendo similar los encontrados en el presente estudio (ver anexo 6).

Cuadro 8. Promedio de número de hojas por planta en tres tratamientos

Números de hojas por planta Días después de la siembra	
Tratamientos	35
Sintético	11.00 a
Combinado	10.25 ab
Orgánico	8.75 b
CV%	8.98
Pr \leq 0.05	0.03
DMS	2.77

5.1.2. Diámetro de tallo

El tallo es el órgano portador de hojas y estructuras derivadas de estas como lo son las flores y los frutos, casi siempre es cilíndrico y con gravitropismo negativo, además de servir como soporte posee otras funciones las cuales son: conducción de savia, fotosíntesis cuando son jóvenes y verdes ayudan a las hojas con esta función, entre otras (Troiani, Prina, Muiño, Tamame y Beinticinco, 2017, p. 44). El tallo no presenta ramificaciones, su interior es compacto, es erguido y en forma de caña (Guacho Abarca, 2014, p. 7). La planta de maíz tiene un tallo robusto que presenta nudos y entrenudos que están separados a una cierta distancia (Deras Flores, 2020, p. 10).

En el cuadro 9 se presenta el crecimiento del tallo de los 14 días a los 49 días después de la siembra, a los 14 días los tratamientos no mostraron diferencia estadística significativa, no obstante el sintético presentó el mayor diámetro de tallo con 0.66 cm el combinado con 0.58 cm y el orgánico 0,50 cm, a los 21 días hubo un incremento en el diámetro del tallo aunque en el ANDEVA no se mostró diferencia estadística significativa, de igual forma a los 28, 35, 42 y 49 días después de la siembra los tratamientos no presentaron diferencia estadística significativa, sin embargo el tratamiento sintético fue el que obtuvo los valores más altos respecto a esta variable, seguido del combinado y por último el orgánico. Gutiérrez y Bolaños (2016) obtuvieron promedios de tallos similares a los del presente estudio, sin embargo, en el tratamiento orgánico el promedio disminuyó en comparación con los datos presentados en este estudio (p. 13).

Cuadro 9. Diámetro de tallo promedio de la planta de maíz en diferentes etapas fenológicas

Tratamientos	Diámetro de tallo (cm)					
	Días después de la siembra					
	14	21	28	35	42	49
Sintético	0.66	1.40	1.59	2.12	2.48	2.54
Combinado	0.58	1.14	1.27	2.06	2.24	2.31
Orgánico	0.50	1.00	1.08	2.05	1.94	2.19
CV (%)	16.43	15.75	26.44	15.79	11.27	10.18
Pr \leq 0.05	0.15	0.06	0.19	0.94	0.06	0.19

5.1.3. Área Foliar (cm²)

El área foliar se define como la superficie total de una hoja y es uno de los parámetros para medir el potencial fotosintético de la planta (Hernández-Fernández, 2020, p.24). Bautista-Redondo (2016) menciona que el área foliar es una variable muy importante para el crecimiento y rendimiento de un cultivo ya que es la cubierta vegetal que intercepta la radiación fotosintéticamente activa, que es la fuente de energía primaria para la elaboración de compuestos alimenticios de la planta (p. 2).

El cuadro 10 muestra que a los 28 días se expresó diferencia estadística significativa, en donde la prueba de medias de Tukey demostró que el tratamiento con mayor área foliar fue el sintético ubicándolo en primera categoría con 462.44 cm², el tratamiento combinado fue catalogado en segunda categoría con 380 cm² de área foliar y el de menor área foliar situado en tercera categoría fue el tratamiento orgánico con 291.71 cm², esta diferencia se puede atribuir a que los abonos orgánicos son de efecto lento ya que los nutrientes se hacen disponibles para la planta de manera gradual a diferencia de los fertilizantes sintéticos que son altamente solubles y los nutrientes están disponibles para la planta en un período de tiempo menor al de los abonos orgánicos (Sánchez-Zacateco, 2016, p. 11). A los 21, 35 y 42 días después de la siembra no se evidenció diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Flores y Lino (2015) afirmaron en su estudio que el área foliar es ligeramente mayor en comparación con las obtenidas en el presente estudio, el testigo fue el de menor área foliar con 644 cm² y el mayor fue un tratamiento sintético con 702.05 cm² (p. 14) (ver anexo 7).

Cuadro 10. Promedio de área foliar de la planta de maíz en tres tratamientos

Área Foliar (cm ²)	
Días después de la siembra	
Tratamientos	28
Sintético	462.44 a
Combinado	380.61 ab
Orgánico	291.71 b
CV (%)	16.24
Pr ≤ 0.05	0.02
DMS	1.69

5.1.4. Longitud de panoja

La planta de maíz es hermafrodita, esto quiere decir que posee flor masculina y femenina que están separadas en la misma planta, la masculina se llama panoja y puede contener hasta un millón de granos de polen mientras que la flor femenina conocida mazorca solamente produce alrededor de diez mil estigmas, por lo tanto, hay aproximadamente de mil a mil quinientas veces más granos de polen que estigmas (Dupont Pioneer, 2015, p. 6).

El cuadro 11 muestra la longitud de la panoja de cada tratamiento en dónde no hubo diferencia estadística significativa entre ellos, pero el tratamiento con mayor longitud de panoja fue el combinado con 50.15 cm, seguido del sintético con 48.85 cm y por último el orgánico con 46.30 cm, se les aplicó la prueba de medias y como resultado ubicó a todos los tratamientos en una sola categoría, esto significa que estadísticamente los fertilizantes utilizados tienen el mismo efecto sobre la longitud de la panoja. Ríos et al., (2019) describieron longitudes de panoja con un promedio máximo de 36.60 cm las cuales son inferiores a las encontradas en el presente estudio (p. 46).

Cuadro 11. Promedio de longitud de panoja de la planta de maíz

Tratamiento	Longitud de panoja (cm)
Sintético	48.85
Combinado	50.15
Orgánico	46.30
CV%	5.73
Pr \leq 0.05	0.21

5.2. Variables de rendimiento

Chura y Tejada (2014) explican que el maíz tiene una serie de componentes los cuales se usan generalmente para medir el rendimiento, éstos están determinados por características biométricas de la mazorca (número de hileras por mazorca, granos por hilera, entre otros), número de mazorcas por planta, peso de 1000 granos y otros (p. 114).

5.2.1. Hileras por mazorca

El ANDEVA refleja que no existió diferencia estadística significativa en la variable hileras por mazorca, el tratamiento sintético contó con una cantidad de 14.50 hileras por mazorca, el combinado y orgánico obtuvieron 13.75 hileras por mazorca cuadro 11. Flores y Lino (2015) obtuvieron un número de hileras por mazorca que se asemejan con un promedio de 14 hileras por mazorca (p. 19).

5.2.2. Número de granos por hilera

Los números de granos por hilera en el tratamiento sintético promediaron 31.75 granos, en el combinado 32.25 y en el orgánico 30.50 granos, el ANDEVA indicó que no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos con respecto a esta variable cuadro 11. Se superó ligeramente en números de granos por hilera en comparación con un estudio el cual se obtuvo como promedio 29 granos por hilera (Flores y Lino, 2015, p. 19).

5.2.3. Peso de mil semillas

El peso de mil semillas promedio 0.29 kg en los 3 tratamientos. El ANDEVA reveló que no existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos estudiados cuadro 11. Este resultado supera ligeramente al de un estudio hecho en la misma variedad de maíz en el cual se promediaban 0.22 kg en el tratamiento orgánico y 0.21 kg para los tratamientos sintéticos (Gutiérrez y Bolaños, 2016, p. 18).

Cuadro 12. Promedio de hileras por mazorca, granos por hilera y peso de mil semillas

Tratamientos	HMzc	GH	PMS (kg)
Sintético	14.50	31.75	0.29
Combinado	13.75	32.25	0.29
Orgánico	13.75	30.50	0.29
CV%	5.71	6.63	13.30
Pr \leq 0.05	0.37	0.51	0.99

HMzc: Hileras por mazorca; GH: Granos por hilera; PMS: Peso mil semillas

5.2.4. Rendimiento (kg ha⁻¹)

El rendimiento del cultivo está estrictamente relacionado con factores ambientales como: la radiación solar que es la fuente de energía que las plantas utilizan para fijar el carbono del aire a través de la fotosíntesis, también los nutrientes y el agua (Martínez-Álvarez, 2015, p. 17), asimismo, es determinado por la forma en que el cultivo divide la biomasa acumulada en su etapa de crecimiento entre los órganos de cosecha y el resto de la planta. El peso medio de los granos producidos es el que compone el rendimiento en grano del cultivo de maíz (Eyhérbide, 2015, p. 34).

El rendimiento de los tratamientos establecidos en el ensayo se muestra en la Figura 2, el ANDEVA no presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en estudio, sin embargo, el tratamiento que sobresalió fue el sintético con 3 057 kg ha⁻¹, el combinado tuvo un rendimiento de 2 541 kg ha⁻¹ y el orgánico con el menor rendimiento de los tres con 2 242 kg ha⁻¹. Ríos et al., (2019) reportaron rendimientos superiores en los tratamientos sintéticos con 3 233.75 y 3 453.48 kg ha⁻¹, excepto en el orgánico con 1 542.52 kg ha⁻¹ (p. 46).

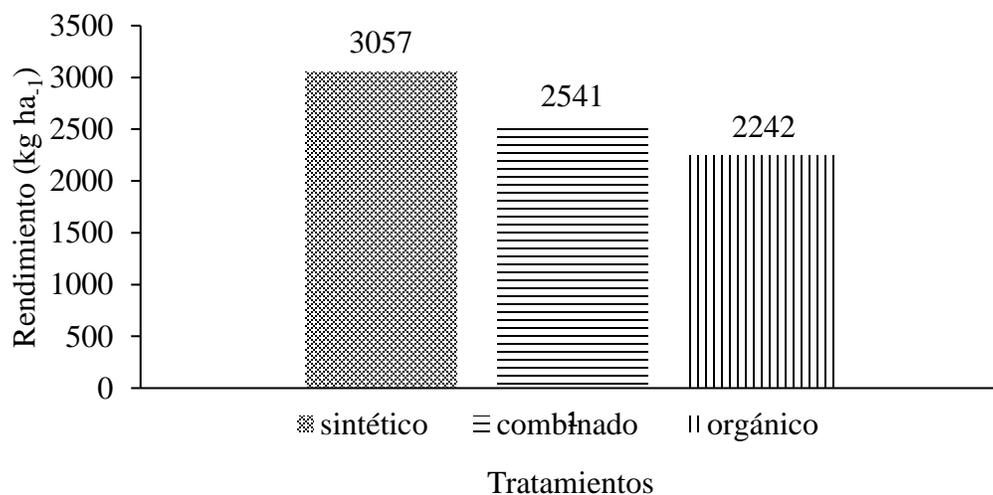


Figura 2. Rendimiento de maíz amarillo en tres tratamientos, Centro Experimental Las Mercedes.

5.3. Análisis económico

5.3.1. Presupuesto parcial

El presupuesto parcial es una forma de organizar los datos experimentales para obtener costos variables y beneficios de tratamientos en estudio (CIMMYT, 1988, p. 9).

Los costos variables de los tratamientos fueron mano de obra utilizada para diferentes actividades y fertilizantes utilizados. Los rendimientos se ajustaron con un 10% menos con el fin de reflejar las que tendría un productor en campo. El precio del kilogramo de maíz al momento del presente estudio fue de 13.2 C\$ (córdobas) (cuadro 13).

Cuadro 13. Presupuesto parcial de los tratamientos sintéticos, combinado y orgánico

Indicadores	T ₁ (sintético)	T ₂ (combinado)	T ₃ (orgánico)
Rendimiento medio (kg ha ⁻¹)	3057	2541	2242
Ajuste al 10%	305.7	254.1	224.2
Rendimiento ajustado	2 751.3	2 286.9	2017.8
Beneficios brutos de campo	36 317.16	30 187.08	2 6634.96
C\$/ha			
Preparación de terreno	3400	3400	3 400
Costo de la semilla	2800	2800	2 800
Costo del fertilizante C\$ ha ⁻¹	6 434,86	13 789.12	23 100
Costo de aplicación C\$ ha ⁻¹	450	450	450
Costa de la limpieza de malezas C\$ ha ⁻¹	750	750	750
Cosecha	450	450	450
Costos variables totales C\$	14 284.86	21 639,12	30 950
Beneficio neto C\$	22 032.3	8 547.96	-4 315.04

Los costos variables en el tratamiento sintético fueron 14 284.86 C\$, en el combinado 21 639,12 C\$ y en el orgánico 30 950C\$, siendo este último el que tiene los costos variables más altos.

El tratamiento con los beneficios netos más altos es el sintético con 22 032.3 C\$, el combinado tuvo un beneficio neto de 14 90.57 C\$ y el orgánico con un déficit de 4 315.04 C\$ de beneficio neto.

5.3.2. Análisis de dominancia

CIMMMYT (1988) detalla que, para realizar el análisis de dominancia los tratamientos se deben ordenar de menores a mayores totales de los costos que varían. Un tratamiento es dominado cuando los beneficios netos son menores o iguales a los de un tratamiento con costos variables más bajos (p. 30).

Cuadro 14. Análisis de dominancia de los tratamientos sintético, combinado y orgánico

Análisis de dominancia	Costos variables C\$	beneficios netos C\$	Dominancia
T ₁	14 284.86	22 032.3	ND
T ₂	21 639,12	8 547.96	D
T ₃	30 950	-4 315.04	D

ND: No Dominado; D: Dominado

En el análisis de dominancia cuadro 13 se muestra que hay dos tratamientos dominados los cuales son T₂ y T₃ y el tratamiento no dominado el cuál es T₁ cuadro 14. El T₁ es no dominado por tener los costos variables más bajos y los beneficios netos más altos.

5.3.3. Tasa de retorno marginal

La tasa de retorno marginal es la ganancia estimada de un productor por su inversión poniendo en práctica los tratamientos no dominados (CIMMMYT, 1988, p. 32).

Cuadro 15. Tasa de retorno marginal del tratamiento sintético

Tratamiento	Costos variables C\$ ha	Costos marginales C\$ ha	Beneficio neto C\$ ha	Beneficio neto marginal C\$ ha	Tasa de retorno marginal en %
T ₁	14 284.86	14 284.86	22 032.3	22 032.3	154

$$TRM = \frac{22\,032.3 - 0}{14\,284.86 - 0} = (1.54) (100\%) = 154\%$$

El análisis muestra que al establecer el tratamiento sintético se obtiene una tasa de retorno marginal de 154% cuadro 14, es decir por cada córdoba invertido se genera una ganancia de 1.54 córdobas.

VI. CONCLUSIONES

- La variable altura de planta presentó diferencia estadística significativa a los 14, 28 y 42 días después de la siembra, siendo el tratamiento sintético el mejor, la variable número de hojas y área foliar presentaron diferencias estadísticas significativas únicamente a los 28 días después de la siembra, la longitud de panoja no manifestó diferencia estadística significativa.
- En las variables de rendimiento evaluadas número de granos por hilera, hileras por mazorca y peso de mil semillas no presentaron diferencias estadísticas significativas. En la variable rendimiento los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente, lo que significa que los tratamientos obtuvieron rendimientos iguales estadísticamente.
- En el presupuesto parcial el mejor tratamiento fue el sintético con un beneficio neto de C\$ 22 032.3 y costos variables netos de C\$ 14 284.86, también fue el no Dominado en el análisis de dominancia. En la tasa de retorno marginal el tratamiento sintético mostró que por cada córdoba invertido el productor gana 1.54 córdobas.

VII. LITERATURA CITADA

- Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. (2014). *Buenas prácticas agrícolas para maíz duro*. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/guia7.pdf>,
- Aguirre-Yato, G., y Alegre-Orihuela, J. (julio, 2015). Uso de fuentes no convencionales de nitrógeno en la fertilización del maíz (*Zea mays* L.), en Cañete (Perú). I: rendimiento y extracción de N, P y K. *Ecología Aplicada*, 14(2), 157-162. <https://www.redalyc.org/pdf/341/34143179008.pdf>
- Álvarez, C. R. y Rimski Korsakov, H. (2016). *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*. https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Asociación andes. (2019). *Manual desarrollo vegetativo del maíz*. <http://andes.center/wp-content/uploads/2019/10/Manual-Ciclo-del-Maiz.pdf>
- Bautista-Redondo, D. M. (2016). *Evaluación de dos métodos para medir el índice de área foliar en el tomate en invernadero* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. Repositorio institucional UNAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8446/K64452%20BAUTISTA%20REDONDO%20DULCE%20MAR%c3%8da.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Biodiversidad Mexicana. (2020, noviembre 3). *Maíces*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>
- Castillo-Cajina, R., y Bird-Moreno, R. (octubre, 2017). Análisis de los determinantes del rendimiento del Maíz en Nicaragua. *Revista de Economía y Finanzas BCN*, 4, 99-130. https://www.bcn.gob.ni/estadisticas/revista/volumenIV/4-Análisis%20de%20los%20determinantes%20del%20rendimiento%20del%20maíz_R%20Castillo%20y%20R%20Bird.pdf
- Catholic Relief Services (CRS). (2019). *Instructivo 3: Manejo de la fertilización de maíz y frijol - 4R basado en la evaluación visual de suelos*. <https://asa.crs.org/wp-content/uploads/2020/05/Instructivo-3-Manejo-fertilizaci%C3%B3n-en-granos-b%C3%A1sicos-4R.pdf>
- Chura Chuquiya, J., y Tejada Solaruz, J. (enero, 2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *IDESIA*, 32(1), 113-118. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v32n1/art14.pdf>
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>

- Deras Flores, H. (2020). *El cultivo del maíz*. <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- DISAGRO (s.f.). *Ficha Técnica Fertimaíz*.
https://www.disagro.com.ni/sites/default/files/panfleto_producto/fertimaiz_inicio_central_14-23-7_ni.pdf
- Dupont Pioneer. (2015). *Maíz Crecimiento y desarrollo*.
https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf
- Eyhérabide, G. H. (2015). *Bases para el manejo del cultivo de maíz*.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf
- FERTIMAX. (s.f.). *Ficha técnica Urea 46%*.
[https://fertimax.com.mx/ft/FICHA%20TECNICA%20UREA%20\(46-00-00\).pdf](https://fertimax.com.mx/ft/FICHA%20TECNICA%20UREA%20(46-00-00).pdf)
- Flores Arias, H. P., y Lino Frank, J. M. (2015). *Eficiencia de dos tipos de fertilizantes sintéticos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad Nutrinta amarillo, centro experimental Las Mercedes 2014* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria.
- García Zeledón, A. J., y Plata Suncing, V. R. (2015). *Estructura, evolución y transformación productiva del maíz en Nicaragua para el periodo 2009-2013* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua] Repositorio Institucional UNAN. <https://repositorio.unan.edu.ni/3900/12/7999.pdf>
- Guacho Abarca, E. F. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad san José de Chazo* [Tesis de pregrado, Escuela de Ingeniería Agronómica].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793%20.pdf>
- Gutiérrez Matamoros, C. J., y Bolaños Aguilar, R. E. (2016). *Comparación de dos fertilizantes sintéticos versus un orgánico en el cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad Nutrinta Amarillo, centro experimental Las Mercedes, 2015* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria.
- Hernández Fernández, I. A. (2020). *Estimación del área foliar con parámetros biométricos de las hojas de cuatro genotipos de Stevia (Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni) en el sinú medio* [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. Repositorio UC.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2771/Hern%C3%A1ndezFern%C3%A1ndezIsraelAntonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Inforural. (2019 diciembre 2) *Panorama Agroalimentario del Maíz*.
<https://www.inforural.com.mx/panorama-agroalimentario-del-maiz/#:~:text=Para%20el%20a%C3%B1o%20agr%C3%ADcola%202019%20se%20prev%C3%A9%20una%20producci%C3%B3n%20de,amarillo%2C%20no%20incluye%20otros.>

- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). (2018). *Granos Básicos*. https://www.tecnacional.edu.ni/media/Granos_Basicos.pdf
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria) (2001). *Nutrinta-amarillo variedad mejorada de maíz de alta calidad de proteína*. http://www.funica.org.ni/docs/gran_basic_35.pdf
- Martínez Álvarez, D. L. (2015). *El cultivo de maíz en San Luis*. <https://www.researchgate.net/publication/3208054800>
- Megías, M., Molist, P., y Pombal, M. A. (2017). *Atlas de histología vegetal y animal*. <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/o-v-hoja.pdf>
- Méndez-Moreno, O., León-Martínez, N. S., Gutiérrez-Miceli, F. A., Rincón-Rosales, R., y Álvarez-Solís, J. D. (abril, 2012). Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. *Gayana Botánica*. 69, 49-54. https://www.researchgate.net/profile/Federico_Gutierrez-Miceli3/publication/286769390_In_vitro_propagation_of_Agave_grijalvensis_Bullrich_an_endemic_species_from_Chiapas_under_special_protection/links/5743434908ae298602f0ec42/In-vitro-propagation-of-Agave-grijalvensis-Bullrich-an-endemic-species-from-Chiapas-under-special-protection.pdf#page=57
- Obando Arequipa, E. S. (2019). *Caracterización morfológica de maíz blanco Harinoso (Zea mays L.) material nativo "Chazo" de la provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29726>
- Ortigoza-Guerrero, J., López-Talavera, C. A., y Gonzalez-Villalba, J. D. (2019). *Cultivo de Maíz*. https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Pérez Leal, F. (2017). *Fisiología vegetal*. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3201>
- Revistaproagro. (2016 Julio 27). *Nicaragua presenta novedosas variedades de granos básicos*. <https://revistaproagro.com/nicaragua-nuevas-variedades-granos-basicos/>
- Ríos, M. J., Gómez-Martínez, J., Bolaños-Aguilar, R. E., y Gutiérrez-Matamoras, C. J. (junio, 2019). Fertilización sintética y orgánica y su efecto en la producción de maíz, variedad Nutrinta Amarillo. *La Calera*, 19(32), 41-47. <https://www.camjol.info/index.php/CALERA/article/view/8439/9340>

- Saavedra, G., Jana, C., y Kher, E. (2019). *Hortalizas para procesamiento agroindustrial*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6818/NR41810.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez Zacateco, E. (2016). *Efecto de tres fertilizantes orgánicos en el rendimiento de chile jalapeño (Capsicum annum L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro]. Repositorio institucional UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8207>
- Sobalvarro Bravo, Y. F., y Díaz Carballo, E. R. (2016). *Eficiencia de la fertilización especial y tradicional en el cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad Nutrinta amarillo, centro de experimentación y validación de tecnología Las Mercedes 2015* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria.
- Tomcompany. (2016). *Ficha técnica urea 46-00-00*. http://tomcompany.com.mx/fichas_tecnicas/TOM-01_%20UREA.pdf
- Troiani, H. O., Prina, A. O., Muiño, W. A., Tamame, M. A., y Beinticinco, L. (2017). Botánica, morfología, taxonomía y fitogeografía. <http://www.unlpam.edu.ar/images/extension/edunlpam/QuedateEnCasa/botanica-morforlogia-taxonomia-y-fitogeografia.pdf>
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2012, mayo). *Tipos de suelos en Nicaragua, química y formación de suelos*. <https://ingenieriaciviluninorte.files.wordpress.com/2012/05/suelos.doc#:~:text=TIP OS%20DE%20SUELO%20EN%20NICARAGUA&text=Los%20suelos%20de%20Nicaragua%20se,%2C%20entisoles%2C%20histosoles%20entre%20otros>
- Urbina Algas, R. (2015). *Control de calidad en la producción “tradicional” y “no convencional” de semillas de variedades de maíz (Zea mays L.) de polinización libre*. https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2017/11/manual_semilla_maíz_biofortificado.pdf
- Villanueva Zacuala, E. (1990). Los suelos de la finca “Las Mercedes y las propiedades más relevantes para planear su uso y manejo” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/2589/1/tnp33v718.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Establecimiento de Ensayo



Anexo 2. Momento de toma de datos



Anexo 3. Plantas de maíz variedad Nutrinta



Anexo 4. Toma de datos de mazorca



Anexo 5. Altura promedio de la planta de maíz en diferentes etapas fenológicas

Altura de planta (cm)						
Días después de la siembra (dds)						
Tratamientos	7	14	21	28	35	42
Sintético	4.68	13.98 a	28.24	88.50 a	110.23	186.83 a
Combinado	4.72	13.98 a	25.81	80.38 a	106.95	160.60 ab
Orgánico	4.58	12.72 b	23.03	66.98 b	94.20	117.28 b
CV (%)	5.15	3.14	9.46	7.80	25.70	13.79
PR < 0.05	0.73	0.01	0.06	0.01	0.68	0.01

Anexo 6. Promedio de número de hojas por planta de maíz en diferentes etapas fenológicas

Números de hojas por planta						
Días después de la siembra (dds)						
Tratamientos	14	21	28	35	42	
Sintético	6.75	7.25	9.75	11.00 a	12.00	
Combinado	6.25	6.75	9.75	10.25 ab	11.50	
Orgánico	6.00	6.00	9.50	8.75 b	10.75	
CV%	5.88	24.62	13.24	8.98	5.26	
PR ≤ 0.05	0.07	0.58	0.95	0.03	0.06	

Anexo 7. Promedio de área foliar de la planta de maíz en diferentes etapas fenológicas

Área Foliar (cm ²)				
Días después de la siembra (dds)				
Tratamientos	21	28	35	42
Sintético	171.63	462.44 a	496.08	627.66
Combinado	189.87	380.61 ab	507.35	609.94
Orgánico	122.20	291.71 b	468.38	469.05
CV (%)	33.50	16.24	22.42	14.43
PR ≤ 0.05	0.26	0.02	0.88	0.06

Anexo 8. Plano de campo

