

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*), APLICANDO DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS CON BASE EN EL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO.



ING. ALFREDO AGUSTÍN RIVERA

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*), APLICANDO DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS CON BASE EN EL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO.

ÁREA/S INTEGRADAS PARA LA INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO:

CIENCIA, TECNOLOGÍA, AGROPECUARIA Y MEDIOAMBIENTE

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

CIENCIAS AGRÍCOLAS

Docente Investigador:

Ing. Alfredo Agustín Rivera Menjívar

Integrantes del equipo de investigación:

Diego Ernesto Flores

Albert Arnoldo Pérez

Santa Tecla, agosto 2018

Derechos reservados al autor

©Copy Right

AUTOR

Ing. Alfredo Agustín Rivera Menjívar

COLABORADORES:

Diego Ernesto Flores

Albert Arnoldo Pérez

EDITOR

Universidad Técnica Latinoamericana

Primera edición 2018

ISBN: 978-99961-75-26-8

633.1

R621e Rivera Menjívar, Alfredo Agustín

sv

Evaluación de rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) aplicando diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados con base en el requerimiento nutricional del cultivo / Alfredo Agustín Rivera Menjívar. – 1ª ed.- Santa Tecla, La Libertad, El Salvador: UTLA, 2018.

Datos electrónicos (1 archivo: 3.28 megabytes en formato Word)

1 cd-rom; 4 ¼ plg.

ISBN: 978-99961-75-26-8

1.- Maíz – Cultivo 2.- Maíz – Abonos y fertilizantes 3.- Abonos nitrogenados

I Título

UTLA/km

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	5
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	6
INDICE DE GRÁFICAS	7
RESUMEN	8
SUMMARY.....	9
INTRODUCCIÓN	10
DESCRIPCIÓN	13
UBICACIÓN.....	13
CÁLCULO DE DÓISIS DE FERTILIZANTE	15
JUSTIFICACIÓN.....	17
METODOLOGÍA	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	18
DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	19
TRATAMIENTOS Y DÓISIS.....	20
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	21
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	28
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA	31
ANEXOS.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requerimientos de nutrientes	14
Tabla 2 Tratamientos y dosis.....	20
Tabla 3 Cronograma de actividades.....	21
Tabla 4 Promedios de tratamientos en altura y número de hojas.....	22
Tabla 5 Tabla ANVA correspondiente a la primera toma de datos, variable altura	22
Tabla 6 Tabla ANVA correspondiente a la primera toma de datos, variable número de hojas	22
Tabla 7 Tabla ANVA correspondiente a la segunda toma de datos, variable altura	23
Tabla 8 Tabla ANVA correspondiente a la segunda toma de datos, variable número de hojas	23
Tabla 9 Tabla ANVA correspondiente a la tercera toma de datos, variable altura	24
Tabla 10 Tabla ANVA correspondiente a la tercera toma de datos, variable número de hojas	24
Tabla 11 Tabla ANVA correspondiente a la cosecha, variable longitud de frutos	25
Tabla 12 Tabla ANVA correspondiente a la cosecha, variable diámetro de frutos	26

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Finca El Rosario, Comasagua, La Libertad	13
Ilustración 2 Distribución de Bloques al Azar.....	19
Ilustración 3 Derecha. Siembra e identificación de tratamientos y bloques e izquierda. Control manual de malezas 10 DDS y primera fertilización formula 16-20-00 (proporción de fosforo).32	
Ilustración 4 25 DDS. Control de malezas y segunda fertilización con fuentes nitrogenadas (proporción Nitrógeno) etapa de desarrollo vegetativo del cultivo.	32
Ilustración 5 Derecha. Cultivo de 45 DDS, Centro. Control de malezas para fertilizar e Izquierda. Tercera fertilización (Proporción total de nitrógeno).	33

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Tendencia de crecimiento de tratamientos en relación a los bloques.....	24
Gráfica 2 Tendencia de crecimiento de la planta de maíz desde el día 1 DDS.....	25
Gráfica 3 Comparativo de variables físicas del fruto.....	26
Gráfica 4 y 5 Relación entre variables; altura de planta y numero de hojas general de los tratamiento.....	27

RESUMEN

Evaluación del rendimiento productivo del cultivo de maíz (*Zea mays*), aplicando diferentes fuentes nitrogenadas en distintas dosis. El presente ensayo se realizó en la finca El Rosario, municipio de Comasagua, en el departamento de La Libertad, con coordenadas 13°38'22.8"N 89°21'08.9"W (13.639677, -89.352475), a una altitud de 1,000 msnm, y un promedio de precipitación anual de 2,300 mm. El ensayo se realizó entre los meses de mayo y julio. El ensayo consistió en evaluar diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados, inicialmente se realizó el cálculo de la demanda total de cada elemento puro; Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K) según el requerimiento nutricional de la planta, las cantidades obtenidas por cada elemento se convirtieron a cantidad de fertilizante comercial de acuerdo al porcentaje de cada fuente y se fraccionaron en tres fertilizaciones aplicadas en diferentes etapas fenológicas del cultivo. Entre las fuentes nitrogenadas que se aplicaron en este ensayo están: Urea 46%, Sulfato de Amonio 21% y Nitro-Xtend 46%. El diseño utilizado para dicho ensayo fue de bloques completamente al azar, en el que se aplicaron 5 tratamientos, en los cuales la dosificación fue la siguiente: Una primera aplicación de fórmula 16 - 20 - 00 en general para todos los tratamientos, tomando como base el elemento del fosforo aplicando el requerimiento total de este elemento por ser inmóvil, Segunda y Tercera Fertilización: Tratamiento uno (T1) que fue la aplicación que tradicionalmente utiliza el agricultor (Testigo relativo), con una aplicación de sulfato de amonio, Tratamiento dos (T2) dos aplicaciones de urea, Tratamiento Tres (T3) dos aplicaciones de sulfato de amonio, Tratamiento cuatro (T4) dos aplicaciones de Nitro-Xtend; y un Tratamiento cinco (T5) como testigo absoluto, el cual no lleva ninguna aplicación. Las variables que se tomaron en cuenta fueron en desarrollo de la planta; la altura de la planta (en centímetros), el número de hojas (unidad), Largo y Diámetro (centímetros). Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en relación al desarrollo vegetativo del cultivo, para la variable altura de planta, se observó diferencia significativa entre los tratamientos que fueron fertilizados con Nitro Xtend, con una dosis de 3 gr/planta en dos aplicaciones a los 25 y 45 DDS en la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo que es donde más nitrógeno demanda la planta. En resultado de cantidad de hojas por planta, se mantuvo homogéneo en todos los tratamientos. En relación a largo y diámetro de fruto se observaron mejores resultados con el T4 en los bloques III para ambas variables, los resultados de los T1, T2, T3 y T5 son similares.

SUMMARY

Evaluation of the productive performance of the maize crop (*Zea mays*), applying different nitrogenous sources in different doses. The present trial was conducted at the El Rosario farm, municipality of Comasagua, in the department of La Libertad, with coordinates 13 ° 38'22.8 "N 89 ° 21'08.9" W (13.639677, -89.352475), at an altitude of 1,000 msnm, and an annual average precipitation of 2,300 mm. The trial was conducted between the months of may and July. The test consisted of evaluating different sources of nitrogen fertilizers, initially the calculation of the total demand of each pure element was made; Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K) according to the nutritional requirement of the plant, the amounts obtained for each element were converted to commercial fertilizer amount according to the percentage of each source and divided into three fertilizations applied in different phenological stages of the crop. Among the nitrogenous sources that were applied in this trial are: Urea 46%, Ammonium Sulfate 21% and Nitro-Xtend 46%. The design used for this test was completely random blocks, in which 5 treatments were applied, in which the dosage was as follows: A first application of formula 16 - 20 - 00 in general for all treatments, based on the element of the phosphorus applying the total requirement of this element for being immobile, Second and Third Fertilization: Treatment one (T1) that was the application that traditionally uses the farmer (Relative Witness), with an application of ammonium sulfate, Treatment two (T2) two applications of urea, Treatment Three (T3) two applications of ammonium sulfate, Treatment four (T4) two applications of Nitro-Xtend and one Treatment five (T5) as absolute control, which has no application. The variables that were taken into account were in the development of the plant; the height of the plant (in centimeters), the number of leaves (unit), length and diameter (centimeters). The results obtained were the following: in relation to the vegetative development of the crop, for the variable height of plant, significant difference was observed between the treatments that were fertilized with Nitro Xtend, with a dose of 3 gr / plant in two applications at 25 and 45 DDS in the stage of vegetative development of the crop that is where more nitrogen demands the plant. As a result of the number of leaves per plant, it remained homogeneous in all treatments. In relation to fruit length and diameter, better results were observed with T4 in blocks III for both variables, the results of T1, T2, T3 and T5 are similar.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador, la siembra del cultivo de maíz inicia con la llegada de la época lluviosa, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), es el encargado de dar la apertura de las siembras del cultivo en base a las precipitaciones que se registran y a sus acumulados para asegurar que al momento de la siembra el suelo contenga un porcentaje de almacenamiento de humedad óptimo. El cultivo de maíz en El Salvador es un rubro muy importante en lo social como en lo económico, se destaca el alto consumo de este producto por la población salvadoreña mayormente en las zonas rurales siendo uno de los principales alimentos para las familias, económicamente es un producto que genera empleos directos e indirectos en las áreas rurales produciendo ingresos a las familias y las producciones obtenidas contribuyen a la economía del país.

El objetivo de esta investigación consiste en observar y determinar si existe o no diferencia tanto en el desarrollo como en el fruto utilizando diferentes fertilizantes nitrogenados siendo la única variante el porcentaje de elemento puro que cada uno de ellos contiene. La fertilización realizada esta basada en el requerimiento nutricional del cultivo, con esto se pretende identificar que fertilizante es más eficiente, analizar el tema de dosis y costo de fertilización con el análisis de los datos tomando en cuenta las variables; altura de planta, desarrollo foliar, largo y diámetro de fruto.

Utilizando el diseño experimental de una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa y efecto.

DESCRIPCIÓN

UBICACIÓN

El ensayo presentado sobre el cultivo de maíz (*Zea mays*), se desarrolló en la Finca El Rosario, en el municipio de Comasagua, departamento de La Libertad, encontrándose en las coordenadas 13°38'22.8"N y 89°21'08.9"W, a una altitud de 1,000 msnm, La adaptabilidad que se observó a esta altura fue muy buena ya que las plantas desarrollaron una altura entre los 2 a 2.6 metros, estas condiciones son las óptimas y se dan entre los 0 - 900 msnm, considerándose que en altitudes superiores a los 1000 msnm la planta puede llegar a crecer hasta los 5 metros de altura, en la época lluviosa en la zona se registra un promedio de precipitación anual de 2,300 mm. La cual observamos condiciones favorables para la adaptabilidad y el desarrollo del ensayo, el cultivo de maíz necesita por lo menos entre 500 a 700 mm de precipitaciones bien distribuidas a lo largo de su ciclo.

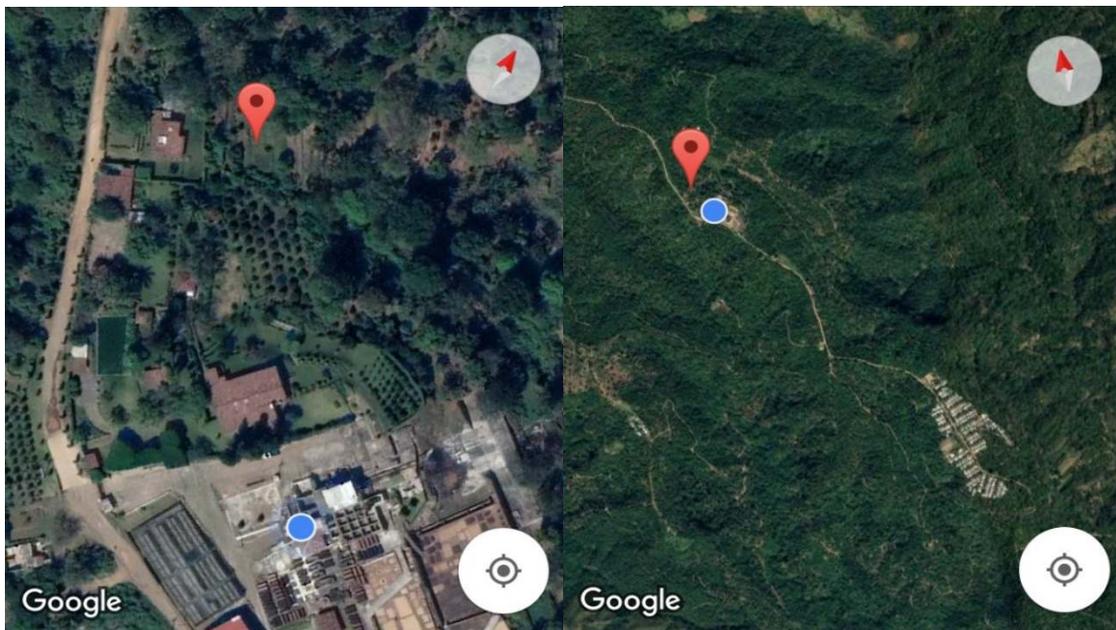


Ilustración 1 Finca El Rosario, Comasagua, La Libertad

Por otra parte, el ensayo se estableció entre los meses de Mayo y Julio, tomando en cuenta que este es el inicio de la época lluviosa y la apertura de las fechas de siembra en general a nivel nacional para el cultivo, en las primeras fases fenológicas como la germinación y desarrollo vegetativo que se encuentra entre los 5-45 días no se tuvieron problemas con enfermedades ni plagas de gran importancias, solo se realizó un control químico para el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), Se considera que las plagas se vieron minimizadas gracias a los controles manuales de malezas realizados cada 15 días y la siembra de plantas trampa medida cultural se sembraron algunas plantas de maíz en las rondas del área del ensayo.

El recurso suelo se encontró libre de plagas ya que no se realizó ningún control químico para tratar plagas de suelo; sin embargo, no se tuvieron problemas en la etapa vegetativa del cultivo de maíz de ataques de gallina ciega (*Phyllophaga spp*) considerando que la etapa adulta emerge del suelo entre los meses de abril y Julio, no se observó incidencia de larvas durante la siembra ni en las fertilizaciones.

En cuanto a la dosis de fertilizantes que se utilizó para el ensayo es importante mencionar que se realizaron cálculos en base a la cantidad de plantas que corresponden a una hectárea del cultivo de maíz basados en los distanciamientos de siembra de 0.8 metros entre surco y 0.40 metros entre planta a 2 semillas por golpe como tradicionalmente se siembra este cultivo, con esto se tendrá un panorama amplio desde un área pequeña a un área de cultivo más extensa.

La dosificación utilizada para el cultivo de maíz (*Zea mays*) se basó en la demanda nutricional del cultivo.

Requerimientos nutricionales

Tabla 1 Requerimientos de nutrientes

ELEMENTO	KG/HA
* Nitrógeno	187
* Fósforo	38
* Potasio	192

Fertilizantes utilizados:

- Fórmula 16 – 20 – 00
- Sulfato de Amonio 21%
- Urea 46%
- Nitro-Xtend 46% (Urea)

Cálculo de plantas por Hectárea:

Distanciamiento 0.80 metros entre surco y 0.40 entre planta.

1 hectárea es igual a 10,000 m²

$10,000 \text{ m}^2 \div 0.80 \text{ metro} = 12,500 \text{ metros Lineales}$

$12,500 \text{ metros Lineales} \div 0.40 \text{ metro} = 31,250 \text{ plantas}$

$31,250 \text{ plantas} \times 2 \text{ semillas por golpe} = 62,500 \text{ plantas/Héctarea}$

CÁLCULO DE DÓISIS DE FERTILIZANTE

Calculando cantidad de fórmula 16 - 20 – 00 se debe aplicar para cubrir el requerimiento:

Fósforo 38 Kg/Ha

$38 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}} \text{Fósforo puro} \div 20\% = 190 \text{ kg Fórmula por hectárea}$

$190 \text{ kg de Fórmula por hectárea} \times 1,000 = 190,000 \text{ gr}$

$190,000 \text{ gr} \div 62,500 \text{ plantas} = 3.04 \text{ gr/planta}$

Aporte de Nitrógeno de la fórmula 16 - 20 - 00

$190 \text{ kg Fórmula por hectárea} \times 16\% = 30.4 \text{ Kg/Ha Nitrogeno puro}$

Como la demanda del Fosforo (P), ya ha sido cubierta solo se compenso la demanda del nitrógeno con la fuente del Tratamiento sulfato de amonio 21%, Urea o Nitro-Xtend al

46%, para esto al requerimiento total de 187Kg/Ha le restamos el aporte de nitrógeno de la fórmula 16-20-00.

Nitrógeno puro 187 kg/Ha (Sulfato de amonio).

$$187 \text{ Kg/Ha nitrógeno puro} - 30.40 \text{ kg} = 156.60 \text{ kg Nitrogeno}$$

$$156.60 \text{ kg Nitrogeno} \div 21\% = 742.85 \text{ kg de Sulfato de amonio por hectárea}$$

$$742.85 \text{ kg de sulfato de amonio} \times 1,000 = 742,857.14 \text{ gr}$$

$$742,857.14 \text{ gr} \div 62,500 \text{ plantas por hectárea} = 11.885 \text{ gr/planta}$$

En el caso de la Urea y El Nitro-Xtend ambas son ureas al 46% por este motivo las cantidades comerciales a aplicar son iguales la única diferencia es que el Nitro-Xtend posee una tecnología para minimizar las pérdidas que se dan con el nitrógeno por ser un elemento bastante móvil.

Cálculo:

Nitrógeno puro 187 kg/Ha (Urea y Nitro-Xtend 46%).

$$187 \text{ Kg/Ha nitrógeno puro} - 30.40 \text{ kg} = 156.60 \text{ kg Nitrógeno}$$

$$156.60 \text{ kg Nitrógeno} \div 46 = 340.43 \text{ kg Urea o NitroXtend por hectárea}$$

$$340.43 \text{ kg de Urea o Nitro - Xtend} \times 1,000 = 340,434.78 \text{ gr}$$

$$340,434.78 \text{ gr} \div 62,500 \text{ plantas por hectárea} = 5.45 \text{ gr/planta}$$

La primera fertilización se realizó a los 10 Días Después de Siembra (DDS) con Formula 16-20-00 aplicando una dosis de 3 gr/planta. A los tratamientos T1, T2, T3, T4 para cubrir la demanda de Fosforo, al tratamiento T5 no se aplica, este se considera testigo absoluto.

La segunda fertilización se realizó a los 25 DDS., para el tratamiento T1 considerado como testigo relativo (fertilización tradicional), se le aplicó el total de la demanda de Nitrógeno 12 gr/planta de Sulfato de Amonio, finalizando las fertilizaciones a esta etapa fenológica. El T2 fertilizado se fertilizó con la misma fuente nitrogenada la única variante

fue que se decidió fraccionar el fertilizante en dos aplicaciones de 6gr/planta con el objetivo de observar el comportamiento de la planta ante este caso particular. Con el T3 se le aplicó una dosis de 3 gr/planta de Urea y el T4 se aplicaron 3gr/planta de Nitro Xtend. El T5 no se aplica es el testigo absoluto.

La tercera y última fertilización se realizaron a los 45 DDS, para el tratamiento T2 se aplica una dosis de 6gr/planta de Sulfato de Amonio. El T3 se le aplicaron 3gr/planta de Urea y T4 se fertilizó con 3gr/planta de Nitro Xtend. T5 no se aplica por ser el testigo absoluto. En esta etapa fenológica se finalizaron las fertilizaciones.

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realiza con el fin de investigar y comparar los diferentes tipos de fertilizantes químicos aplicados a un cultivo de maíz, se pretende investigar qué tipo de fertilizante químico afecta positivamente o negativamente en la producción del maíz, así como su afectación en aspectos fisiológicos de la planta y reconocer que tipo de fertilizante es mejor dependiendo de las capacidades y de las características del tipo de suelo en que se va a cultivar el maíz.

También se realiza la investigación con el fin de que sirva como referencia para los 150 agricultores que siembran el cultivo del maíz en Comasagua, departamento de La Libertad.

METODOLOGÍA

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el establecimiento del ensayo a continuación se mencionan las actividades realizadas y los materiales utilizados:

Inicialmente se procedió a realizar una limpieza de terreno manual con cumas y machete, para este caso el área efectiva es de 20 m², por ser un área pequeña no se realizó labranza en el terreno ni aplicación de herbicidas antes de la siembra, como una medida

de conservación de suelo por la topografía del terreno se aprovechó la existencia de terrazas y la siembra se orientó a que las plantas también sirvieran como barrera viva.

1/2 libra de semilla de maíz certificada del híbrido H59, para la siembra de 120 plantas del cultivo de maíz, colocando únicamente 1 semilla por golpe utilizando cuma y chuzo para esta actividad, para la fertilización se utilizaron, 288 gr de Fórmula 16 - 20 -00 con el objetivo de suministrar la demanda del fósforo al cultivo, una sola aplicación en general para todos los tratamientos. 576 gr de Sulfato de amonio, 144 gr de Urea 46% y 144 gr de Nitro Xtend 46%, El total de todos los fertilizantes nitrogenados que se aplicaron fueron fraccionados y la fertilización se realizó incorporada al suelo.

Las mediciones de altura y largo de fruto se realizaron con cinta métrica, el área foliar se contabilizó visualmente y el diámetro del fruto se realizó con un calibrador vernier o pie de rey.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado para el ensayo en Maíz (*Zea mays*), fue el de bloques completamente al azar, teniendo como objetivo tener comparaciones precisas de los datos recolectados en campo al realizar el análisis estadístico, este diseño implica que en cada bloque habrá uno de los tratamientos en estudio pero el orden en que se corren es totalmente aleatorio, teniendo en cuenta algunos criterios como son la proximidad, las variables físicas, tiempo y el manejo de las unidades experimentales, por ser bloques y tratamientos homogéneos reducen la variabilidad del error de la unidad experimental. Para este ensayo los tratamientos que se evaluaron son 5 con 4 repeticiones.

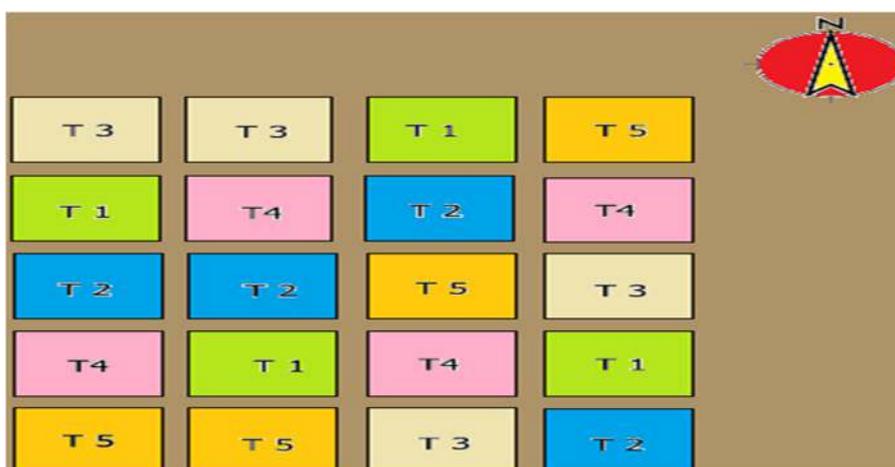
En cuanto a las variables físicas del cultivo de maíz que se consideraron a evaluar podemos mencionar:

- Altura de la planta,
- Número de hojas
- El tamaño (largo)
- Diámetro fruto

Las parcelas utilizadas contaron con un área de 1m², con distanciamientos entre surcos de 0.8 m y entre planta 0.4 m; calculando el total de plantas por parcelas de 6 plantas de estas se identificaron 3 plantas como efectivas para la toma de datos por cada parcela; se estableció una separación entre cada una de las parcelas de 0.50 m; haciendo un total en el ensayo de 120 plantas.

El ensayo se proyectó solamente llegar a la etapa fenológica del maíz que se encuentra entre la R3 y R4 entre los 70-80 días donde el fruto se encuentra listo para ser consumido como elote. Las Variables físicas de altura y unidad en hojas se realizaron hasta la etapa VT (Panojamiento o Inflorescencia), a los 67 DDS (Días Después de Siembra. Ver anexos).

Ilustración 2 Distribución de Bloques al Azar



DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

- T1 que fue la aplicación que tradicionalmente utiliza el agricultor (Testigo relativo), con una aplicación de fórmula 16-20-0 más una aplicación sulfato.
- T2 consistió en una primera aplicación con fórmula 16-20-0, y dos posteriores aplicaciones de urea.
- T3 fue con una primera aplicación con fórmula 16-20-0, y dos posteriores aplicaciones con sulfato.
- T4 una primera aplicación con fórmula 16-20-0 y dos posteriores aplicaciones de Nitro-Xtend.

- T5 que fue el testigo absoluto, el cual no lleva ninguna aplicación.

En la siguiente tabla se muestra una descripción de cada tratamiento, distribución de las fertilizaciones y dosis de cada una basada en los cálculos de requerimientos nutricionales del cultivo.

TRATAMIENTOS Y DÓISIS

Tabla 2 Tratamientos y dosis

Fertilización	1º		2º		3º	
Tratamiento		Dosis Gr/Planta		Dosis Gr/Planta		Dosis Gr/Planta
DDS	10		25		45	
T1 (Testigo Relativo)	Formula 16-20-0	3	Sulfato Amonio 21%	12		Finalizada
T2	Formula 16-20-0	3	Urea 46%	3	Urea 46%	3
T3	Formula 16-20-0	3	Sulfato Amonio 21%	6	Sulfato Amonio 21%	6
T4	Formula 16-20-0	3	Nitro Xtend 46%	3	Nitro Xtend 46%	3
T5 (Testigo Absoluto)	Sin fertilización		Sin fertilización		Sin fertilización	

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 3 Cronograma de actividades

Actividad	Meses																			
	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4
Elaboración de anteproyecto	■	■																		
Preparación de terreno			■																	
Siembra				■																
Control de malezas			■	■	■	■														
Control de plagas y fertilización con formula 16-20-0						■	■													
Primera toma de datos y aplicación fuentes nitrogenadas							■													
Control de plagas									■											
Segunda toma de datos									■											
Tercera toma de datos														■						
Cosecha															■					
Procesamiento de datos																■	■			
Presentación de resultados																		■		

RESULTADOS

Para el análisis de los resultados se utilizó el modelo estadístico de análisis de varianza (Analysis of Variance), conocido como ANOVA o ANVA, este método estadístico permite comparar varias medias en diversas situaciones; por esta razón está muy ligado al diseño de experimental y de alguna manera, es la base del análisis multivalente.

Además, se usará el método de correlación de Karl Pearson, para estimar y observar si las variables están o no relacionadas entre sí, si la relación es negativa o positiva moviéndose entre los valores de -1 y 1 y el grado de relación que existe (negativa perfecta o positiva perfecta).

A continuación, se muestran los promedios obtenidos de la tabulación de los datos de las variables de altura y numero de hojas:

Tabla 4 Promedios de tratamientos en altura y número de hojas

Promedios de Altura de planta			
	26/05/2018	16/06/2018	07/07/2018
T1	41.083	105.792	255.917
T2	38.250	103.950	257.667
T3	40.417	106.183	256.083
T4	39.125	112.725	271.667
T5	43.000	96.608	231.333

Promedios número de hojas			
T1	8.750	12.417	13.333
T2	8.667	12.000	13.417
T3	8.333	11.833	13.250
T4	8.583	12.083	13.417
T5	8.750	11.333	12.583

Análisis ANVA de primera toma de datos 26 mayo 2018

Tabla 5 Tabla ANVA correspondiente a la primera toma de datos, variable altura

TABLA ANVA / Altura 26 mayo 2018

Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor de Campo	Factor de Tabla		Grados significancia
					5%	1%	
Bloques	3	53.889	17.963	1.455	3.49	5.95	n.s.
Tratamiento	4	55.349	13.837	1.062	3.26	5.41	n.s.
Error	12	152.200	12.683				
Total	19	261.437					

Tabla 6 Tabla ANVA correspondiente a la primera toma de datos, variable número de hojas

TABLA ANVA / # hojas 26 mayo 2018

Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor de Campo	Factor de Tabla		Grados significancia
					5%	1%	
Bloques	3	0.478	0.159	2.169	3.49	5.95	n.s.
Tratamiento	4	1.572	0.393	0.494	3.26	5.41	n.s.
Error	12	2.900	0.242				
Total	19	4.950					

El resultado del análisis con el método estadístico ANVA, muestra que el factor de campo resultante en los bloques como en los tratamientos no sobrepasa a ninguno de los

factores críticos tanto en 5% como en el de 1% por lo que la variabilidad es no significativa (n.s.)

Segunda toma de datos 16 junio 2018

Tabla 7 Tabla ANVA correspondiente a la segunda toma de datos, variable altura

TABLA ANVA / Altura 16 junio 2018

Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor de Campo	Factor de Tabla		Grados significancia
					5%	1%	
Bloques	3	532.847	177.616	7.925	3.49	5.95	**
Tratamiento	4	1114.823	278.706	2.841	3.26	5.41	*
Error	12	562.697	46.891				
Total	19	2210.368					

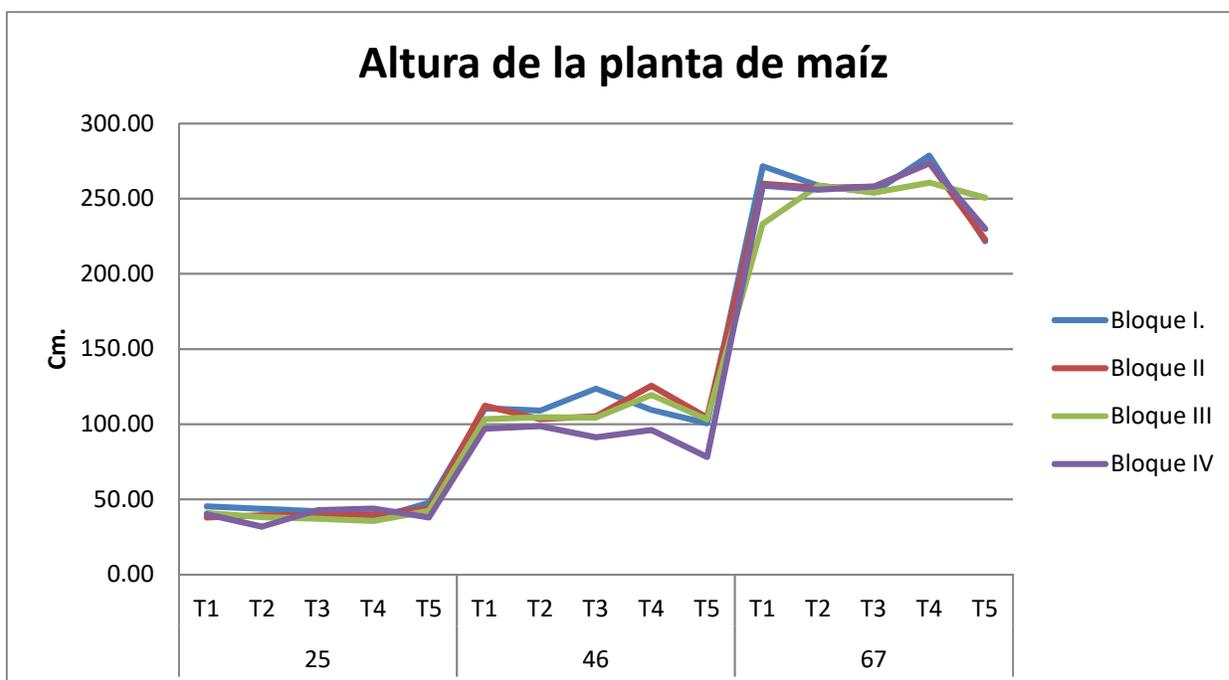
Tabla 8 Tabla ANVA correspondiente a la segunda toma de datos, variable número de hojas

TABLA ANVA / # hojas 16 junio 2018

Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor de Campo	Factor de Tabla		Grados significancia
					5%	1%	
Bloques	3	2.522	0.841	3.288	3.49	5.95	n.s.
Tratamiento	4	3.333	0.833	1.866	3.26	5.41	n.s.
Error	12	4.056	0.338				
Total	19	9.911					

El resultado del análisis con el método estadístico ANVA, muestra que el factor de campo resultante en los Tratamientos es poco significativo ya que no sobrepasa al factor crítico de 5% y 1%, mientras que en los bloques se observa una variación altamente significativa al sobrepasar los factores críticos del 5% y 1%. Lo que indica que hay variabilidad en el crecimiento de la planta, al observar el gráfico de tendencia de crecimiento de los tratamientos (*Gráfico 1*), se puede identificar que a los 45 DDS bloques del T4 ha sobresalido en su crecimiento y los bloques del T5 (Testigo absoluto), se quedaron por debajo de los bloques de los T1, T2 y T3, que presentaron un crecimiento homogéneo.

Sin embargo, al analizar la variable número de hojas los factores de campo no sobrepasan los valores críticos del 5% y 1%. Obteniendo un resultado de variabilidad no significativo.



Gráfica 1 Tendencia de crecimiento de tratamientos en relación a los bloques

Tercera toma de datos 07 Julio

Tabla 9 Tabla ANVA correspondiente a la tercera toma de datos, variable altura

TABLA ANVA / Altura 07 Julio 2018

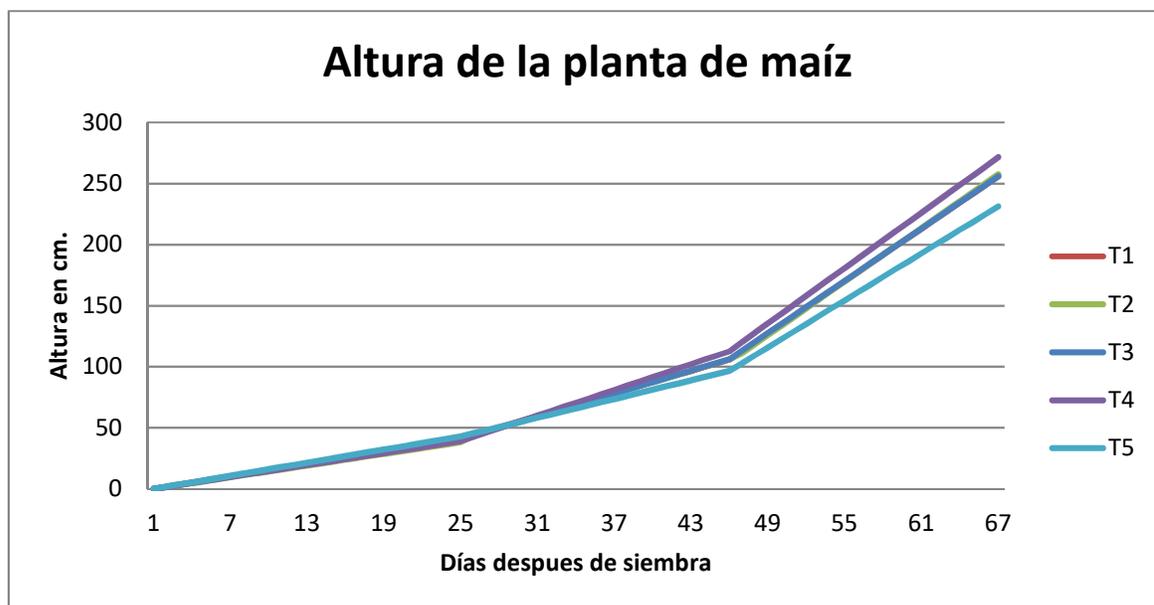
Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor de Campo	Factor de Tabla		Grados significancia
					5%	1%	
Bloques	3	3383.700	1127.900	0.223	3.49	5.95	n.s.
Tratamiento	4	80.222	20.056	7.058	3.26	5.41	**
Error	12	1438.167	119.847				
Total	19	4902.089					

Tabla 10 Tabla ANVA correspondiente a la tercera toma de datos, variable número de hojas

TABLA ANVA / # hojas 07 Julio 2018

Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor de Campo	Factor de Tabla		Grados significancia
					5%	1%	
Bloques	3	1.978	0.659	3.130	3.49	5.95	n.s.
Tratamiento	4	2.000	0.500	2.322	3.26	5.41	n.s.
Error	12	2.556	0.213				
Total	19	6.533					

Se puede observar en los tratamientos un factor de campo altamente significativo lo que indica en esta toma de datos (67 DDS) de la altura de la planta se identificó una variabilidad alta entre tratamientos ya que sobrepasa al factor crítico de 5% y 1%, al observar el gráfico de tendencia de altura de la planta de los tratamientos (Gráfico 2). El T4 la altura de la planta es superior a los T1, T2, T3 y T5 (Testigo absoluto) se observa por debajo de los T1, T2 y T3 que presentaron un crecimiento homogéneo.



Gráfica 2. Tendencia de crecimiento de la planta de maíz desde el día 1 DDS.

El número de hojas mantiene su grado siendo no significativo porque los factores de campo no sobrepasan los valores críticos del 5% y 1%. Obteniendo un resultado de variabilidad no significativo.

Cosecha y medición de frutos 22 Julio 2018

Tabla 11. ANVA correspondiente a la cosecha, variable longitud de frutos

TABLA ANVA / Longitud de frutos 22 Julio 2018

Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor de Campo	Factor de Tabla		Grados significancia
					5%	1%	
Bloques	3	22.294	7.431	6.041	3.49	5.95	**
Tratamiento	4	4.942	1.235	1.004	3.26	5.41	n.s.
Error	12	14.763	1.230				
Total	19	41.999					

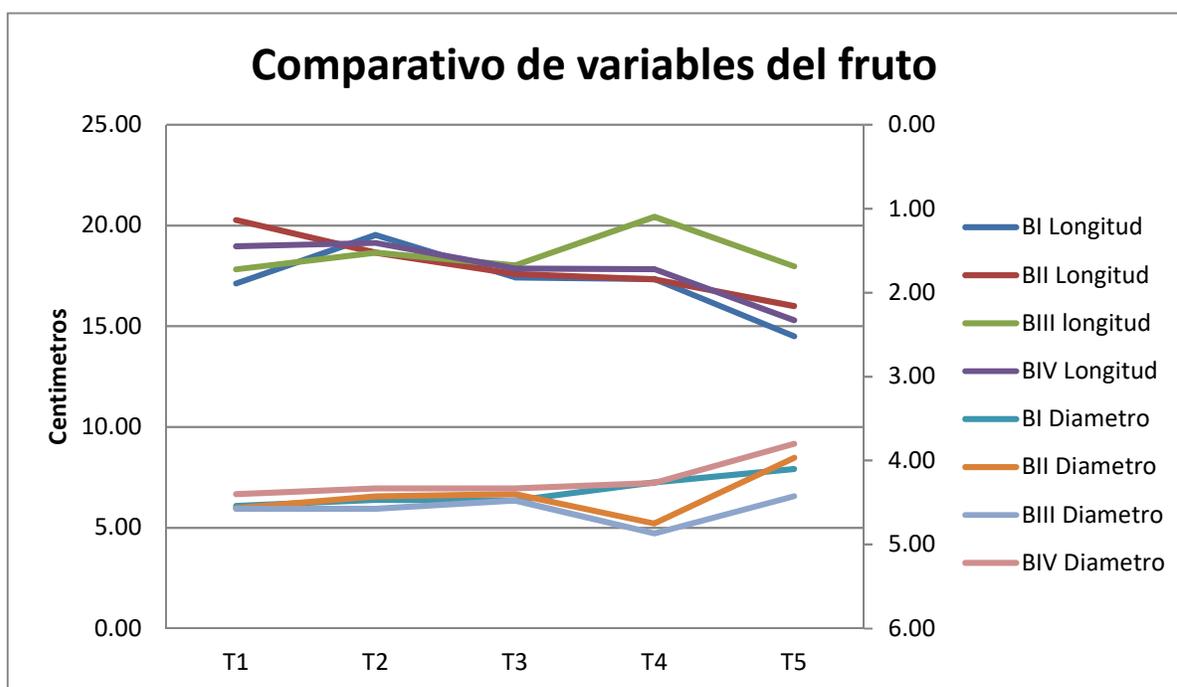
Tabla 12 ANVA correspondiente a la cosecha, variable diámetro de frutos

TABLA ANVA / Diámetro de fruto 22 Julio 2018

Fuentes de variación	grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor de Campo	Factor de Tabla		Grados significancia
					5%	1%	
Bloques	3	0.571	0.190	9.043	3.49	5.95	**
Tratamiento	4	0.326	0.081	3.865	3.26	5.41	*
Error	12	0.253	0.021				
Total	19	1.150					

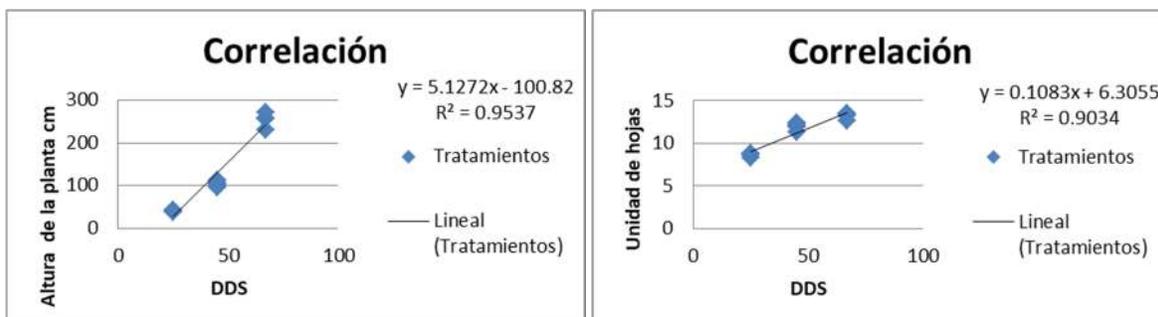
Para las variables de largo y diámetro de fruto se observa en las tablas del análisis estadístico un grado de significancia muy alto relacionado con los bloques de los tratamientos, el factor de campo sobrepasa al factor crítico del 5% y 1%. Se identifica claramente la variabilidad que se produjo en el bloque III del T4 observando el gráfico comparativo de las dos variables (Gráfica 4).

El comportamiento de los tratamientos fue más homogéneo no se muestra variabilidad de los resultados dado que el factor de campo calculado no sobrepasa ninguno de los factores críticos.



Gráfica 3. Comparativo de variables físicas del fruto.

Los resultados de la correlación de Karl Pearson sobre las variables analizadas anteriormente comparando los datos de todos los tratamientos muestran las siguientes gráficas.



Grafica 4 y 5 Relación entre variables; altura de planta y número de hojas general de los tratamientos.

La gráfica de correlación para la variable de altura de la planta comparando todos los tratamientos se obtuvo un valor de $R^2=0.95$, lo que indica que hay una relación positiva muy alta, mostrando que conforme la edad del cultivo la planta crece hasta alcanzar su altura máxima, además de mostrar la poca variabilidad que hay entre los tratamientos en relación a esta variable, porque las mediciones se mantienen cerca de la línea de tendencia.

Para el caso de la variable número de hojas el resultado de $R^2=0.90$ indicando una relación positiva muy alta, mostrando que la edad de la planta está muy relacionada con el desarrollo foliar de la planta, la tendencia se mantiene por la similitud de los datos existe poca variabilidad.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se evaluaron diferentes fertilizantes nitrogenados calculando la dosis aplicada en base al porcentaje de nitrógeno puro de cada uno y tomando de referencia la demanda de kg/ha de cada elemento que el cultivo necesita en su ciclo vegetativo.

Para la variable altura de planta, se observó diferencia significativa entre los tratamientos que fueron fertilizados con Nitro Xtend, con una dosis de 3 gr/planta en dos aplicaciones a los 25 y 45 DDS, en la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo que es donde más nitrógeno demanda la planta.

El T1 donde se aplicó toda la demanda (12gr/planta) de nitrógeno a los 25 DDS, con una fuente de Sulfato de amonio, en el T2 se utilizó la misma fuente solo que se fraccionó en dos aplicaciones (6 gr/planta) y T3 se fertilizó con una fuente de Urea en dos aplicaciones 3gr/planta, no se obtuvieron resultados significativos todos estos presentaron alturas de plantas bastante homogéneas.

En resultado de cantidad de hojas por planta, se mantuvo homogéneo en todos los tratamientos.

En relación a largo y diámetro de fruto se observaron mejores resultados con el T4 en los bloques III para ambas variables, los resultados de los T1, T2, T3 y T5 son similares.

El fertilizante Nitro Xtend, es una urea 46% que posee una tecnología para minimizar pérdidas por volatilización inhibiendo la acción de la ureasa que es una enzima que se encuentra naturalmente en el suelo, si la urea se aplica en la superficie del suelo ocurren grandes pérdidas, el nitrógeno se pierde en forma de amoníaco hasta un 60%.

CONCLUSIONES

- Con esta investigación se beneficiarán a los 150 agricultores que siembran el cultivo del maíz para obtener mayores rendimientos.
- Se observa una diferencia significativa en altura de las plantas con relación a las fuentes y dosis utilizadas en los tratamientos en el cultivo de maíz.
- La longitud y diámetro del fruto del cultivo de maíz que se obtuvo en la evaluación del ensayo muestra que es significativa en relación a uno de los fertilizantes nitrogenados y dosis de los tratamientos aplicados.
- Las fuentes de nitrógeno como el Sulfato de amonio y Urea 46% mostraron resultados muy similares aun cuando se realiza un fraccionamiento de la fertilización.
- Es una buena opción hacer uso de los fertilizantes con nuevas tecnologías que los hacen más eficientes y son mejor aprovechados por los cultivos.
- En el ensayo se puede observar y comparar la eficiencia en los resultados de la Urea 46% y el Nitro Xtend (Urea 46%) dos fertilizantes con el mismo porcentaje de nitrógeno, pero uno con mejores resultados que el otro (en este caso Nitro Xtend).

RECOMENDACIONES

- Se pueden considerar para su aplicación y seguimiento los tratamientos T4 que han obtenido mejores resultados en las variables físicas consideradas para este ensayo, mejor altura, mayor largo y diámetro de fruto lo que lo hace un fruto de mejor calidad y mejor cotizado en las plazas.
- Realizar un buen control de malezas antes de realizar las aplicaciones de abonos orgánicos o fertilizantes químicos para asegurar que la planta no tenga que competir por nutrientes, siendo mejor aprovechados por los cultivos.
- Realizar fertilizaciones en base a las etapas fenológicas del cultivo y la edad desde la siembra, fraccionando en porcentajes la demanda total fertilizando de menos a más en las etapas donde realmente lo necesita.
- Mantener las condiciones y requerimientos hídricos del suelo, el agua disponible para la planta mejora el desarrollo.
- Disponer de buenos drenajes para el cultivo en la época lluviosa y evitar anegamientos, el oxígeno y la humedad ayuda para una mejor asimilación de los nutrientes, los procesos bioquímicos y el crecimiento de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- DGEA-MAG. 2010. Anuario Estadístico Primera Encuesta de Propósitos Múltiples 2009-2010. El Salvador.
- Jugenheimer, Robert W. 1998. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa. Tercera reimpresión. México.
- Cruz Núñez, O.F. 2013. EL CULTIVO DEL MAÍZ, Manual para el cultivo de maíz en Honduras. Programa Nacional de maíz-DICTA. Secretaria de agricultura y ganadería. Segunda edición. Tegucigalpa.
- Cantarero Herrera, R.J. Martínez Torrez, O.A. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y fertilizante mineral en el cultivo de maíz (*Zea mays*), variedad NB-6. Universidad Nacional Agraria. Managua.
- Flores, H.D. Guía Técnica del cultivo de maíz. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en El Salvador. CENTA-IICA.
- Choto, Cristina. 1997. Oferta y demanda de semilla mejorada de maíz en El Salvador. CENTA-CIMMYT, PRM.
- Ortega, Alejandro C. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. México, D.F.: CIMMYT.
- Ancin Ripodas, M. 2011. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en el distrito de San Juan de Castrovirreyna- Huancavelica. Perú. Universidad Pública de Navarra.

ANEXOS



Ilustración 3 Derecha. Siembra e identificación de tratamientos y bloques e izquierda. Control manual de malezas 10 DDS y primera fertilización formula 16-20-00 (proporción de fosforo).



Ilustración 4 25 DDS. Control de malezas y segunda fertilización con fuentes nitrogenadas (proporción Nitrógeno) etapa de desarrollo vegetativo del cultivo.



Ilustración 5 Derecha. Cultivo de 45 DDS, Centro. Control de malezas para fertilizar e Izquierda. Tercera fertilización (Proporción total de nitrógeno).