



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RESPUESTA DEL CULTIVAR DE MAÍZ "TRUENO" A LA
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN CONDICIONES
EDAFOCLIMÁTICAS DEL CANTÓN SANTA ROSA

RIVERA RENTERIA ANABEL ESTHEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RESPUESTA DEL CULTIVAR DE MAÍZ "TRUENO" A LA
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN CONDICIONES
EDAFOCLIMÁTICAS DEL CANTÓN SANTA ROSA

RIVERA RENTERIA ANABEL ESTHEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

RESPUESTA DEL CULTIVAR DE MAÍZ "TRUENO" A LA FERTILIZACIÓN
NITROGENADA EN CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL CANTÓN SANTA
ROSA

RIVERA RENTERIA ANABEL ESTHEFANIA
INGENIERA AGRÓNOMA

PEREZ IGLESIAS HIPOLITO ISRAEL

MACHALA, 21 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
2020

Trabajo de titulación

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

archive.org

Fuente de Internet

1%

3

ochoatr.wikispaces.com

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Carlos III de Madrid

Trabajo del estudiante

1%

5

www.repositorio.usac.edu.gt

Fuente de Internet

1%

6

recintodelpensamiento.com

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

8

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

documents.mx

Fuente de Internet

<1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, RIVERA RENTERIA ANABEL ESTHEFANIA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado RESPUESTA DEL CULTIVAR DE MAÍZ "TRUENO" A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL CANTÓN SANTA ROSA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de diciembre de 2020



RIVERA RENTERIA ANABEL ESTHEFANIA
0705694768

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a cada uno de los miembros de mi familia, por ser mis pilares fundamentales y que me han ayudado a continuar adelante y estar conmigo en el transcurso de mis estudios.

Este trabajo lo quiero dedicar especialmente a dos mujeres que han sido una clave en mi educación y en mis deseos de superación, mi amada madre la Señora **Julia Rentería** quien siempre ha luchado para darme la oportunidad de continuar estudiando, y siempre ha estado conmigo apoyándome en los momentos más difíciles de mi carrera y para la realización de este proyecto.

A mi amada hermana **Carolina Rivera Rentería** (+) quien siempre estuvo dándome palabras de aliento cuando estuve al borde de darme por vencida, dedico este trabajo a ella y sé que donde estás ahora estarás celebrando este logro en mi vida conmigo. Te amaré siempre, por ti y para ti este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Amoroso Dios en primer lugar gracias porque siempre pude sentir tu ayuda divina en cada momento de mi carrera, cuando pensé que me iba a estancar recibí tu mano y pude continuar, realmente todo lo pude porque tú me fortaleciste.

Agradezco a mi familia, a mi padre Segundo Rivera, mi madre Julia Rentería, a mis hermanos Adrián y Francisco Rivera Rentería, a mi cuñado Ángel Ortega y a mi gran amigo Jason Molina por ser quienes me ayudaron con mi proyecto de principio a fin.

Agradezco a mi tutor el Dr. Hipólito Pérez, por la dirección y guía que me brindó en la realización de este trabajo y por su paciencia en las tutorías.

Al Ing. Irán Rodríguez por su ayuda y por sus conocimientos que fueron esenciales para la culminación de este proyecto de investigación.

Agradezco a la Sra. Jenny Moncayo y a su bondadosa familia por ser tan amables de brindarme un espacio donde poder desarrollar mi trabajo de investigación.

A mi querida amiga Carolina Quiñonez, quien siempre me impulsó a continuar adelante, por ser mi buena amiga en el transcurso de nuestra carrera, por brindarme su ayuda y apoyo incondicional en este proceso.

A mis apreciados amigos Ronald Vines y Luis Loayza, por ser buenos compañeros con quienes a lo largo de mi carrera compartí momentos buenos tanto dentro como fuera del aula.

RESPUESTA DEL CULTIVAR DE MAÍZ "TRUENO" A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL CANTÓN SANTA ROSA

Autora

Anabel Esthefanía Rivera Rentería

Tutor

Dr. Hipólito Israel Pérez Iglesias

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo muy importante a nivel mundial, debido a la gran cantidad de propiedades físicas y químicas que posee, se le utiliza en muchos ámbitos en la industria, de este cultivo se puede obtener múltiples productos que se destinan para la alimentación tanto de humanos como de animales, y como materia prima para la elaboración de diversos productos industriales; la ventaja de este cultivo como producto alimenticio es que se puede consumir el grano seco o tierno. En la industria llega a ser la fuente para obtener aceite comestible, alcoholes, combustibles y otros. A nivel mundial se distribuye en muchos países, siendo los principales productores de maíz: Estados Unidos, China Continental, Brasil, Argentina, Ucrania, México, India, Indonesia, Canadá y Federación de Rusia. Según las últimas actualizaciones de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en relación al área y producción en el periodo 2015- 2018, se tuvo un área cosechada total de 193.733.568 ha con lo cual se produjo 1.147.624.938 toneladas de maíz. En Ecuador según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) las provincias dedicadas especialmente a la producción de maíz son: Manabí, Loja, Los Ríos y Guayas; en el año 2018 el área total cosechada fue de 365.334 ha con una producción total de 1.324.147 toneladas de maíz seco, lo cual origina gran fuente de trabajo para muchas familias ecuatorianas. Las investigaciones para poder ejecutar este proyecto de titulación se llevaron a cabo en el sector San Marcos, ubicado en el cantón Santa Rosa de la provincia de El Oro. Se hicieron observaciones en el cultivar de maíz Trueno para probar la respuesta que este cultivar tendría ante la aplicación de diversas dosis de fertilizante nitrogenado (UREA), estableciendo un total de 6 tratamientos con 4 repeticiones de cada uno en un diseño experimental de bloques al azar. Se evaluaron variables como: la altura de las plantas en cm, peso de la masa vegetativa de maíz de cada tratamiento en kg/ha, además se realizó

un conteo poblacional con la finalidad de comprobar la cantidad de plantas que había por tratamientos como un elemento de referencia al momento de realizar el procesamiento estadístico de los datos experimentales y la influencia que el fraccionamiento tuvo en las variables antes mencionadas. Las evaluaciones se realizaron en 10 plantas de maíz seleccionadas y marcadas en los 2 surcos centrales de cada parcela para la determinación de las variables. Los resultados de este trabajo de investigación demuestran que la respuesta del cultivar Trueno de maíz que se estableció en el área experimental manifiesta una diferencia en los parámetros de altura. El tratamiento 6 donde se aplicó 120 kg N/ha de manera fraccionada colocándose 60 kg de N/ha al momento de la siembra y los otros 60 kg cuando las plantas se encontraban en la fase fenológica de desarrollo V₅-V₆, las plantas de maíz en este tratamiento alcanzaron una altura media de 189.9 cm y un peso de biomasa de 8585.83 kg/ha que fue el mayor valor de esta variable. En la variable de peso de biomasa no se demostró una diferencia estadística significativa, pero sí se detectó una tendencia hacia el aumento de la cantidad de N en las dosis con excepción del tratamiento 2 que fue superado por el testigo. Como resultado se encontró una relación proporcional entre la altura y la biomasa, determinándose así que los valores uniformes respondieron a las condiciones naturales del suelo donde se realizó el trabajo experimental, el cual tiene aproximadamente 20 años sin sembrar ningún cultivo, manteniéndose en descanso, por lo que se infiere que el suelo donde se desarrolló el experimento tiene una excelente fertilidad.

Palabras clave: maíz, parámetros de rendimiento, fertilización nitrogenada

**RESPONSE OF THE "THUNDER" CORN CULTIVAR TO NITROGEN
FERTILIZATION IN THE SOIL AND CLIMATE CONDITIONS OF SANTA
ROSA COUNTY**

Author

Anabel Esthefanía Rivera Rentería

Tutor

Dr. Hipólito Israel Pérez Iglesias

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is a very important crop worldwide, due to the great amount of physical and chemical properties that it possesses, it is used in many areas in the industry, from this crop multiple products can be obtained that are destined for the feeding of both humans and animals, and as raw material for the elaboration of diverse industrial products; the advantage of this crop as a food product is that the dry or tender grain can be consumed. In the industry it becomes the source to obtain edible oil, alcohols, fuels and others. Worldwide it is distributed in many countries, being the main producers of corn: United States, Continental China, Brazil, Argentina, Ukraine, Mexico, India, Indonesia, Canada and Russian Federation. According to the latest updates of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) in relation to area and production in the period 2015-2018, there was a total harvested area of 193,733,568 hectares, which produced 1,147,624,938 tons of corn. In Ecuador, according to the National Institute of Agricultural Research (INIAP), the provinces dedicated specially to corn production are Manabí, Loja, Los Ríos and Guayas; in 2018 the total area harvested was 365,334 ha with a total production of 1,324,147 tons of dry corn, which is a great source of work for many Ecuadorian families. The research to be able to execute this titling project was carried out in the San Marcos sector, located in the Santa Rosa canton of El Oro province. Observations were made in the Thunder maize crop to test the response that this crop would have to the application of various doses of nitrogen fertilizer (UREA), establishing a total of 6 treatments with 4 repetitions of each in a randomized block experimental design. There were evaluated variables such as: plants' height in cm, weight of corn vegetative mass of each treatment in kg/ha, it was also carried out a population count with

the purpose of checking the quantity of plants that were per treatment as a reference element when carrying out the statistical processing of experimental data and the influence that fractionation had on the variables previously mentioned. The evaluations were carried out in 10 maize plants selected and marked in the 2 central furrows of each plot for the determination of the variables. The results of this research work demonstrate that the response of the corn Thunder cultivar established in the experimental area manifests a difference in the height parameters. Treatment 6 where 120 kg N/ha were applied in a fractioned way, placing 60 kg N/ha at the moment of sowing and the other 60 kg when plants were in the phenological phase of development V₅-V₆, corn plants in this treatment reached an average height of 189.9 cm and a biomass weight of 8585.83 kg/ha, which was the highest value of this variable. In the biomass weight variable, it was not demonstrated a significant statistical difference, but it was detected a tendency towards the increase of N quantity in the doses, with the exception of treatment 2, which was surpassed by the control. As a result, it was found a proportional relationship between height and biomass, determining that the uniform values responded to the natural conditions of the soil where the experimental work was carried out, which is approximately 20 years old without sowing any crop, being kept in rest, so it is inferred that the soil where the experiment was developed has an excellent fertility.

Keywords: corn, yield parameters, nitrogen fertilization

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	12
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Objetivo General	13
1.2. Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO II	14
2. DESARROLLO	14
2.1. Maíz	14
2.2. Producción mundial	15
2.3. Producción en el Ecuador	16
2.4. Importancia y uso del maíz	17
2.5. Morfología de la planta	18
2.6. Ciclo vegetativo del maíz	19
2.7. Requerimientos edafoclimáticos	19
2.8. La fertilización del maíz	20
2.8.1. Formas y momento de aplicación de fertilizantes nitrogenados	21
2.8.2. Dinámica del nitrógeno	23
2.9. Efectos del nitrógeno en el cultivo de maíz	24
CAPÍTULO III	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Materiales	26
3.1.1. Localización de estudio	26
3.1.2. Ubicación del experimento	26
3.1.3. Condiciones edafoclimáticas	26
3.1.4. Equipos, Materiales	27
3.1.4.1. Cultivo	27
3.1.4.2. Cultivares seleccionados para realizar la investigación	27
3.1.4.3. Fertilizantes	27
3.1.4.4. Mediciones en planta	27
3.1.4.5. Pesaje en cosecha	27
3.1.4.6. Otros	28
3.2. Métodos	28

3.2.1.	Metodología	28
3.2.2.	Labores realizadas en el campo.	29
3.2.2.1.	Replanteo del diseño experimental en el campo.	29
3.2.2.2.	Preparación de Fertilizantes.	29
3.2.2.3.	Aplicación de fertilizantes.	31
3.2.2.4.	Siembra del maíz.	32
3.2.2.5.	Raleo	32
3.2.2.6.	Control de arvenses	32
3.2.2.7.	Riego	33
3.2.3.	Evaluaciones realizadas	33
3.2.3.1.	Altura de la planta	33
3.2.3.2.	Peso de Biomasa	33
3.2.3.3.	Conteo poblacional	33
3.2.4.	Procesamiento estadístico	33
CAPÍTULO IV		35
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1.	Parámetros de rendimiento en el cultivo de maíz	35
4.1.1.	Altura de planta	35
4.1.2.	Conteo Poblacional	42
4.1.3.	Peso de biomasa vegetal	43
4.1.4.	Fraccionamiento de dosis fertilizada	45
5.	CONCLUSIONES	48
6.	RECOMENDACIONES	50
7.	BIBLIOGRAFÍA	51
8.	ANEXOS	55

Índice de Figuras

Figura 1: Producción de maíz por continente, periodo 2015- 2018.....	15
Figura 2: Producción total de maíz a nivel mundial en el periodo 2015- 2018.....	16
Figura 3: Producción de maíz en Ecuador en el periodo 2015-2018.....	17
Figura 4: Etapas fenológicas de la fase vegetativa y reproductiva del maíz.....	19
Figura 5: Replanteo del diseño experimental bloques al azar 6x4 en el campo.....	29
Figura 6: Pesaje de las dosis de fertilizantes a usar en experimento.....	30
Figura 7: Fuente de nitrógeno utilizada, UREA.....	30
Figura 8: Fuente de fósforo utilizada, Fosfato Diamónico.....	31
Figura 9: Fuente de potasio utilizada, Cloruro de potasio.....	31
Figura 10: Siembra en el campo experimental.....	32
Figura 11: Altura de las plantas de maíz a los 30 días después de la siembra por tratamientos (Prueba de Duncan)	36
Figura 12: Altura de las plantas de maíz a los 45 días después de la siembra por tratamientos (Prueba de Duncan.....	38
Figura 13: Altura de las plantas de maíz a los 75 días después de la siembra por tratamientos (Prueba de Duncan)	40
Figura 14: Media de altura de la planta, por fechas y tratamientos.....	41
Figura 15: Prueba de Kruskal-Wallis para variable altura por tratamientos.....	42
Figura 16: Efecto de las dosis de fertilizantes en el peso de la biomasa de maíz.....	44
Figura 17: Peso de Biomasa en tratamientos con dosis completas y fraccionadas.....	47

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Diseño de bloques al azar para el replanteo de las parcelas	28
Cuadro 2: Tratamientos utilizados en el experimento en kg/ha	28
Cuadro 3: Prueba de efectos inter-sujetos en variable altura a los 30 dds	36
Cuadro 4: Anova de un factor inter-grupos para variable altura a los 30 dds	35
Cuadro 5: Prueba de efectos inter-sujetos para altura a los 45 dds	35
Cuadro 6: ANOVA de un factor inter-grupos para variable altura a los 45 dds	37
Cuadro 7: Prueba de efectos inter-sujetos para altura a los 75 dds	37
Cuadro 8: ANOVA de un factor realizado para variable altura a los 75 dds	39
Cuadro 9: Prueba de Kruskal-Wallis para variable altura	39
Cuadro 10: Cantidad de plantas de maíz por tratamiento.	42
Cuadro 11: ANOVA de un factor para variable Biomasa	42
Cuadro 12: Prueba de efectos Inter- sujetos aplicado a la altura de la planta para tratamientos con dosis iguales y fraccionadas	45
Cuadro 13: ANOVA de un factor aplicado al fraccionamiento de la dosis	46
Cuadro 14: Anova de un factor aplicado a peso de biomasa para el fraccionamiento del fertilizante nitrogenado	46

Índice de Anexos

Anexo 1: Matriz de datos para análisis estadístico	55
Anexo 2: Análisis descriptivo de variable peso de biomasa	55
Anexo 3: Prueba de efectos inter- sujetos para variable altura	56
Anexo 4: Análisis descriptivo de variable altura	57
Anexo 5: Planta de maíz a los 30 dds	57
Anexo 6: Plantas de maíz a los 45 dds	58
Anexo 7: Pesaje de biomasa pasados los 75 dds	58
Anexo 8: Desarrollo uniforme de biomasa vegetal a los 30-45 dds	59
Anexo 9: Desarrollo uniforme de biomasa vegetal a los 60-75 dds	59

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales productos de consumo a nivel mundial, no solo como alimento para el ser humano, sino también para animales de crianza, de los cuales luego se aprovecha su carne y demás derivados, un claro ejemplo de esto es la carne de pollo y la carne de cerdo.

El maíz es uno de los cultivos más importantes para la alimentación de los ecuatorianos, ya que su producción provee la materia prima para la agroindustria y la alimentación humana. De acuerdo con las estadísticas de la FAO, en el año 2016 la superficie sembrada fue de 485696 hectáreas con una producción de 1667704 toneladas y un rendimiento de 3.17 toneladas por hectárea (Caviedes Cepeda, 2019).

En Ecuador hasta el año 2018, según informes de la FAO, se cosechó una producción de aproximadamente 1,324,147 t/ha. En la actualidad, se cultiva en diferentes ecosistemas, desde las zonas tropicales en la región costa, hasta las zonas andinas de la sierra, siendo así el maíz uno de los cultivos más importantes del país. Las principales provincias productoras de maíz en el país son Los Ríos, Manabí, Esmeraldas y Loja.

Uno de los aspectos agronómicos relacionados con el cultivo de maíz es la manera en la que se lleva a cabo la fertilización, actualmente las industrias agrícolas buscan conseguir la maximización de la eficiencia en la utilización de los insumos, en nuestro caso a estudiar la fertilización nitrogenada, se busca poder hacer los aportes necesarios de N en el suelo de manera que las pérdidas no sean tan grandes y no se afecte tanto al ambiente como a la economía de los productores (Salvagiotti & Castellarin, 2000).

La fertilización por su parte es una de las actividades más importantes para el desarrollo de los cultivos, ya que de manera directa afecta al rendimiento de los parámetros agroproductivos de las plantas. El aporte de nitrógeno es importante porque los cultivos requieren de ciertas cantidades de nitrógeno que a veces no se encuentran en el suelo para satisfacer las demandas del cultivo, lo que hace que los productores y técnicos apliquen dosis exageradas de fertilizantes nitrogenados con el fin de asegurar las cosechas, siendo esto desfavorable, ya que se corre el riesgo de contaminación del manto freático y

también pérdidas por lixiviación, toxicidad en los alimentos, efectos tóxicos y desequilibrios nutricionales.

Viéndolo desde un punto de vista tanto económico como ambiental se ayudaría mucho al productor ya que se evitaría colocar cantidades excesivas de fertilizantes que puedan afectar el ambiente en donde podrían existir fuentes de aguas, o contaminaciones cuando se realice la cosecha, además de que se beneficiaría al productor porque se reducirían los costos de fertilizantes, ya que se busca que la aplicación sea en cantidades lo más exactas posibles, pero a la vez que sea práctico (Salvagiotti, Castellarín, & Ferraguti, 2011).

Por lo cual, para la determinación de una dosis adecuada de fertilizantes nitrogenados, se realizan experimentos de campo con diferentes tratamientos de nitrógeno con la finalidad de evaluar la respuesta del cultivo y determinar cuál es la respuesta del cultivar “Trueno” a dichos tratamientos y en las condiciones presentes en el sitio donde se realizó el estudio.

1.1. Objetivo General

- Probar la respuesta del cultivar de maíz “Trueno” mediante mediciones de parámetros agroproductivos en las condiciones edafoclimáticas del cantón Santa Rosa provincia de El Oro.

1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno en la altura planta y peso de la masa vegetativa de la parte aérea de las plantas de maíz.
- Establecer la influencia del fraccionamiento del nitrógeno en la altura de la planta a los 30, 45 y 75 días después de la siembra y peso total de la masa vegetativa de la parte aérea de la planta.

CAPÍTULO II

2. DESARROLLO

2.1. Maíz

El cultivo de maíz (*Zea mays* L), se encuentra dentro de la familia de las poáceas, taxonómicamente clasificado como una angiosperma, monocotiledónea. El vocablo «Zea», proveniente del griego antiguo, siendo un nombre con el que se denominaba a los granos, semillas y cereales y «mays», que procede de la lengua de los pueblos aborígenes europeos donde se encontró por primera vez este cultivo.

Mesoamérica se considera como el centro tanto del origen como de muchas variedades de maíz, estimándose así cinco puntos claves de origen y domesticación para esta especie vegetal, cuatro ubicados en México y 1 punto ubicado en la región de Guatemala. México es un país muy importante relacionado con el maíz debido a que este se encuentra la mayor cantidad de depósitos genéticos de maíz y parientes silvestres del mismo (Caballero et al 2019). Pero muy a pesar de ser el centro de diversificación del maíz y de que contribuye a la economía de muchas familias del país, especialmente a las de familias del sector rural y nativas; no se ha tomado en cuenta el potencial que la explotación de este tendría si se produjera con el objetivo de comercializar (López et al 2016).

El maíz es una de las mayores contribuciones hecha por América a la agricultura mundial. Principalmente por su flexibilidad ecológica que le ha permitido adaptarse a una gran variedad de climas muy apartados de los propios de su hábitat original. La producción de maíz está intrínsecamente relacionada con el desarrollo de las culturas precolombinas y marcó pautas en el desarrollo de las sociedades primitivas.

Hoy día el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz es de gran importancia en la economía a nivel mundial, ya sea como alimento humano, alimento para los animales domésticos de consumo o como fuente de una gran cantidad de productos industriales.

La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mayor que la de cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como

una especie de excelentes rendimientos, en la actualidad se cultiva hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile. La mayor parte del maíz es cultivado en altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar y hasta los 3 800 msnm en la cordillera de los Andes. Más aún, el cultivo continúa a expandirse a nuevas áreas y a nuevos ambientes.

Hay muchos factores que influyen en el rendimiento de este producto para que en la actualidad continúe siendo uno de los cultivos más producidos a nivel mundial, se conoce que factores como un suelo fértil, condiciones edafoclimáticas adecuadas, o incluso una densidad de siembra influyen de manera considerable en el total de producción a generar (Cervantes, y otros, 2013).

2.2. Producción mundial

Según la FAO, el maíz hasta el año 2018 fue el quinto producto con mayor volumen de producción a nivel mundial, concentrándose el mayor porcentaje en el continente americano, Asia y Europa con un 93.7% (Figura 1), aunque desde el año 2015 la producción mundial iba ascendiendo (Figura 2), en el año 2018 la producción decayó, ya que el área sembrada de maíz fue menor que la del año anterior (FAO, 2020)

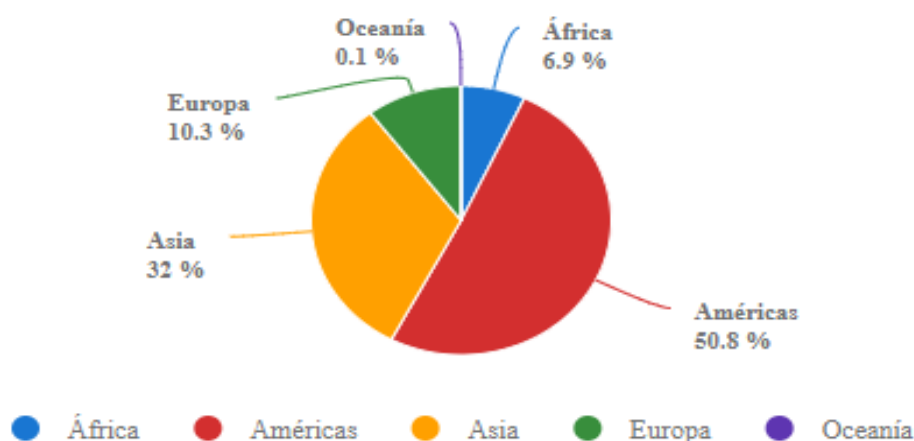


Figura 1: Producción de maíz por continente, periodo 2015- 2018.

Fuente: FAO 2020

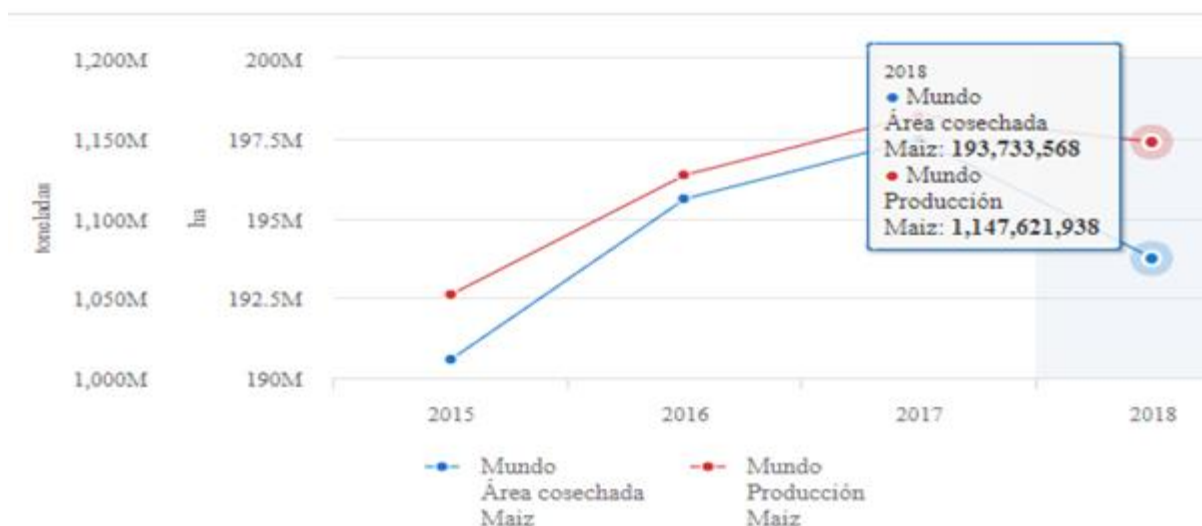


Figura 2: Producción total de maíz a nivel mundial en el periodo 2015- 2018.

Fuente: FAO 2020

Los principales productores de maíz en el mundo son: Estados Unidos, China Continental, Brasil, Argentina, Ucrania, México, India, Indonesia, Canadá y Federación de Rusia. Encabezando la lista EE.UU. con una producción total de 386,950,562.5 toneladas.

2.3. Producción en el Ecuador

Según la INIAP, (2014) en Ecuador el maíz se produce las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja, para el año 2013 en el país se sembraron un total de 338.130 hectáreas de maíz duro, cabe destacar que aproximadamente el 90% de la siembra de maíz se lleva a cabo en la época lluviosa del país (INIAP, 2014).

Hasta el año 2018, el maíz ocupaba el octavo lugar en volumen de producción a nivel nacional, siendo los primeros: el azúcar de caña, frutas primarias, bananos, aceite y nuez de palma, cereales, arroz elaborado y cereales secundarios. Como se puede apreciar en la Figura 3 desde los años 2015 hasta el año 2018 la producción bajó considerablemente debido a una disminución en el área sembrada, lo que ocasionó una disminución de la producción total (FAO, 2020).

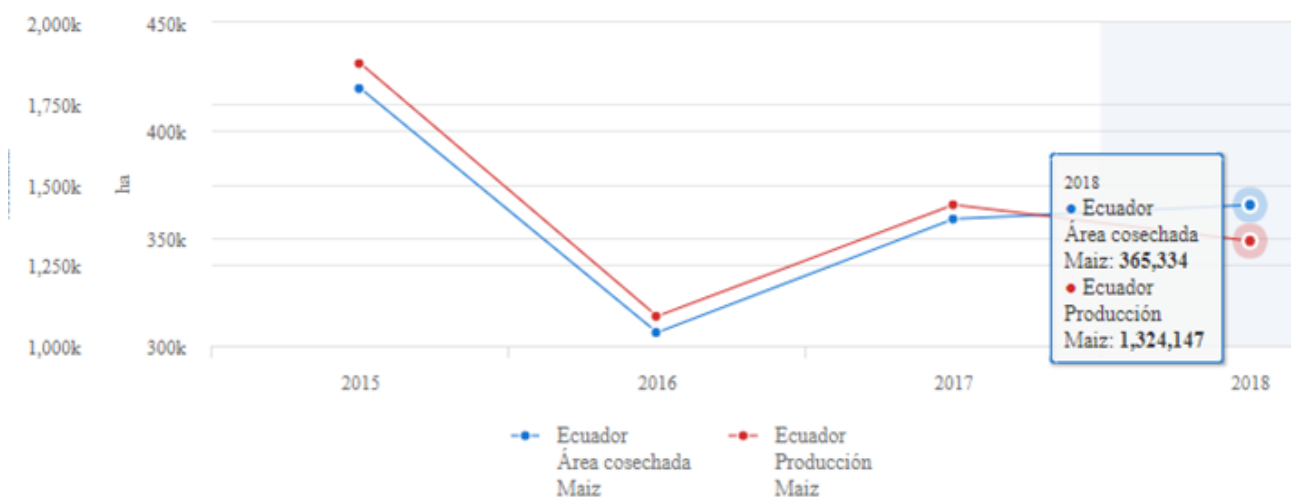


Figura 3: Producción de maíz en Ecuador en el periodo 2015-2018.

Fuente: FAO 2020

2.4. Importancia y uso del maíz

Entre los mayores usos del maíz, sobresalen por su importancia las tres aplicaciones más comunes posibles: es esencial para la alimentación humana y animal y fuente de materias primas para la industria. Entre los productos que se pueden obtener del maíz se encuentran algunos concentrados, almidones, biocombustibles, saborizantes, etc.

En el Ecuador el maíz de grano amarillo se utiliza principalmente como materia prima en la industrialización de alimentos balanceados y el maíz de grano blanco se utiliza mayormente en el consumo humano con el fin de variar la producción de maíz (Eguez, y otros, 2019).

Con relación a su uso como alimento para ganado, es el principal producto usado con este fin, debido a sus propiedades bondadosas en fibra y sirve de principal fuente de energía para animales de carácter bovino.

El consumo per cápita de maíz en el país para el año 2010 se estimó que fue de 83 kg y constituyó una de las fuentes primarias de alimento y a la vez de ingreso económico para los productores agrícolas. Para el año 2011 un buen año de producción de maíz llegó a un total de 900000 t para un área cosechada de 300000 ha. Se considera que la producción total de maíz en el Ecuador en los años 2010 – 2011 estaba dividida en la región Costa un 85% produciendo especialmente maíz duro y el resto del porcentaje repartido el 14%

en la sierra y el 1% en el Oriente produciendo principalmente maíz suave (Marcillo, 2017).

Se estima que en años posteriores incrementará la demanda mundial de maíz por lo que es necesario que la producción aumente para que se pueda satisfacer a la población mundial que también va aumentando con el pasar de los años, por eso desde hace décadas atrás el cultivo de maíz ha sido uno de los más trabajados dentro de los programas de mejoramiento genéticos. Se busca obtener nuevas especies híbridas que permitan un mejor rendimiento, más adaptabilidad a los distintos ambientes, resistencia a insectos plagas, y enfermedades, en efecto con mejoradas propiedades agronómicas que permitan optimizar la producción de maíz (Eguez, y otros, 2019).

2.5. Morfología de la planta

Según el CEDAF (1998) La estructura de la planta se puede establecer de la siguiente manera: esta planta puede alcanzar una altura promedio de hasta 2.50 metros, según el cultivar y las condiciones de producción, está compuesta por una raíz abundantemente fibrosa y ramificada, la planta puede desarrollar 3 tipos de raíces, siendo estas primarias las que nacen desde la radícula, las raíces secundarias que se forman por encima de las raíces primarias y constituyen casi el total del sistema radicular de la planta y por último las raíces adventicias que son aquellas de donde se desprenden los pelos absorbentes y se encuentran en grandes proporciones; un tallo erecto que posee nudos y entrenudos respectivamente, posee hojas lanceoladas compuestas por una vaina (que abraza el tallo), una lígula y el limbo, poseen una flor masculina en la parte superior en forma de espiga o panícula que llega a tener tres estambres largamente filamentosos y en la parte media del tallo se inserta la flor femenina que es la que da paso a la formación de la mazorca, la cual posee un soporte en el centro que se le conoce comúnmente como “tusa”, la misma que es cubierta por brácteas foliares de las cuales sobresalen los estilos a similitud de una cabellera y suelen alcanzar una longitud de entre 12 a 20 cm. Los granos que son el fruto de la planta de maíz se estructuran de una capa externa o pericarpio de consistencia dura, donde interiormente tiene una capa que contiene las proteínas y el color (amarillo o blanco), el endospermo que representa el 85 a 90% del grano, principalmente maíces de granos grandes de donde se determina la capacidad nutritiva de los diferentes cultivares (Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, INC. , 1998).

2.6. Ciclo vegetativo del maíz

El tiempo transcurrido entre la siembra y la aparición de los primeros brotes es de 8 a 10 días, donde se ve manifestado el continuo y rápido crecimiento de la plántula.

El conocimiento del proceso del crecimiento vegetativo, así como reproductivo, facilita los conocimientos necesarios para el manejo agronómico y optimizar la cosecha de maíz. El ciclo de vida del maíz comprende cinco etapas básicas que son: nacencia o emergencia, crecimiento, floración, fructificación y maduración-secado. En el área agrícola se conoce un sistema denominado “Sistema Iowa”, que generalmente se utiliza para dividir el ciclo del cultivo en etapas vegetativas (V) y etapas reproductivas (R).

Las etapas vegetativas se designan numéricamente como V₁, V₂, V₃..., hasta V_n, donde n representa el estado anterior a la emergencia de la mazorca (V₁). Los seis estados reproductivos se designan de igual manera con números (Figura 3) (Arrechea, 2010).

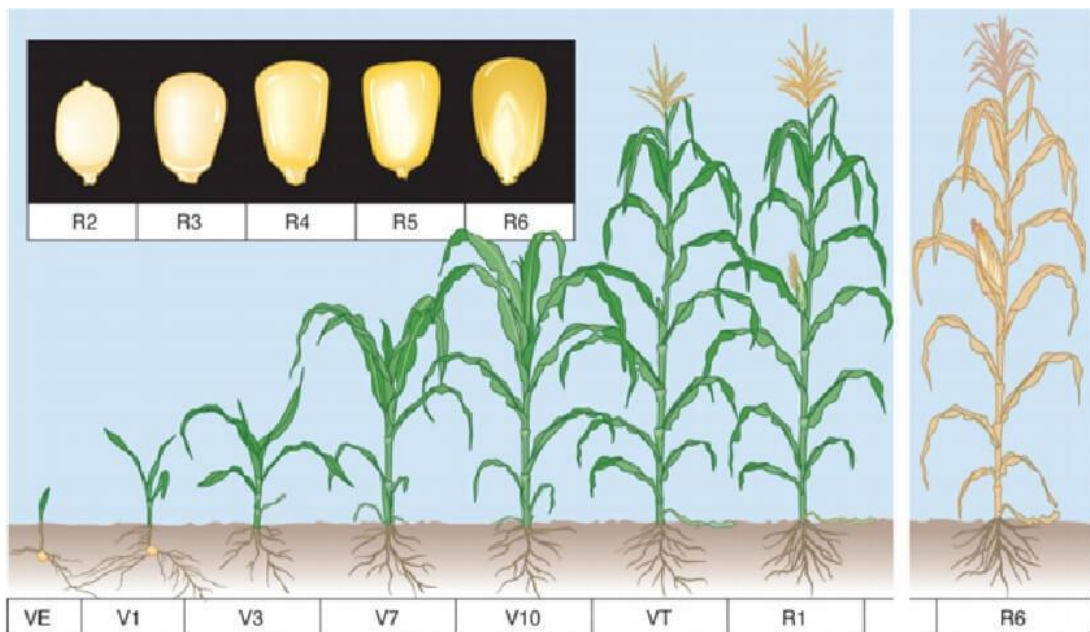


Figura 4: Etapas fenológicas de la fase vegetativa y reproductiva del maíz.

Fuente: INTAGRI S.C, 2016

2.7. Requerimientos edafoclimáticos

Para el desarrollo adecuado de un cultivo de maíz, este requiere de una precipitación promedio de entre 550 mm a 2000 mm/año, una temperatura que oscile de entre los 24 a 28°C, una altitud promedio de 45 a 125 msnm, en relación al componente edáfico

responde bien a una topografía ya sea plana e irregular, textura franco profundos con buen drenaje superficial. Se desarrolla en un suelo con pH de 5.5 a 7.3 y necesita en promedio de 750 a 1000 horas de luz/año (INIAP, 2014).

2.8. La fertilización del maíz

Siendo el suelo uno de los recursos indispensables para la reproducción de vida vegetal, es esencial que este cuente con las condiciones específicas para que las plantas se desarrollen, lo que se conoce comúnmente como un suelo fértil, pero muchas veces los suelos no cuentan con dichas condiciones de nutrientes, y esto se da por muchos motivos entre los cuales figuran: la falta de actividad agrícola como es el caso de los suelos que permanecen en estado de barbecho ya que cuando en un suelo se induce una alteración de la física y biología del mismo se tienen efectos en la dinámica de los nutrientes presentes, como es el caso del nitrógeno y su disponibilidad para el cultivo (Garcia, Ferrero, & Balbi, 2005), una extracción de nutrientes proveniente de cosechas anteriores, el tipo de cultivo que haya llevado a cabo con anterioridad, etc.; para estos suelos que prácticamente carecen de aquellos nutrientes importantes que necesitarán las plantas, como en el caso del maíz, es importante realizar una adecuada fertilización, ya sea de manera orgánica o mineral, considerando las formas más asimilables de N para las plantas. En el caso del nitrógeno es importante que las plantas en desarrollo tengan un abastecimiento suficiente de dicho nutriente ya que dependerá de éste el rendimiento que se obtenga, y es importante que la planta no sufra de escasez o excesos del mismo. (Brito, Carrera, & Santillán, 2019).

La capacidad de suministrar el N por parte del suelo hacia la planta de maíz influye de manera significativa en la respuesta que ésta tenga de la aplicación de N, ya sea de forma mineral proveniente de formas orgánicas en el transcurso del cultivo o de las formas ya minerales que se conocen como el nitrato y el amonio (Delgado R. , 2001).

La respuesta productiva del maíz a diferentes aplicaciones de fertilizante nitrogenado se ha considerado de acuerdo a estudios realizados en sitios o zonas específicas. El objetivo principal de los cultivos, incluido el de maíz es poder conseguir un óptimo crecimiento y por ende buenos rendimientos, para lo cual es primordial que se brinde las condiciones adecuadas para un desarrollo efectivo. Los requerimientos de nitrógeno son el aspecto más importante para la producción del cultivo de maíz, ya que de esto dependerá si el rendimiento del cultivo se verá limitado o no. Tener en cuenta la dosis de aplicación es

sumamente importante, ya que, si hay deficiencia en la cantidad de nitrógeno, el rendimiento podría verse limitado, en cambio sí hay un exceso de nitrógeno se puede originar la contaminación del manto freático y problemas de toxicidad en la cosecha. También debe tenerse en cuenta asegurar un buen estado fisiológico, con respecto a la floración, ya que es el momento que determinará el rendimiento del cultivo (Arrechea, 2010).

En el país hay dos problemas que atañen a la fertilización de maíz, el primero que se basa en el hecho de que las recomendaciones que comúnmente se hacen para fertilizantes se basan en los resultados de análisis de programas estadísticos lo cual no refleja la respuesta directa del cultivo a la fertilización que se haya realizado; y segundo el hecho de la falta de preparación en el ámbito técnico para que se utilice de manera eficiente los fertilizantes, específicamente los que aportan N (Marcillo, 2017).

En relación al rendimiento estimado de acuerdo a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, se estima una posibilidad de que el rendimiento en maíz se relacione estrechamente con las precipitaciones presentes en la zona en donde se desarrolla el cultivo, ya que según estudios realizados en función de ensayos continuos, se asoció un mejor rendimiento cuando las precipitaciones durante el progreso vegetativo del cultivo fueron mayores en comparación a la media anual para dicho sitio, a que cuando las precipitaciones fueron menores, esto por el hecho de que se conoce que las lluvias también aportan un porcentaje de N al suelo además de que la humedad en el mismo permite que el N esté disponible para las plantas en contraste a un suelo que este seco (Alvarez *et al*, 2003).

2.8.1. Formas y momento de aplicación de fertilizantes nitrogenados

Forma química: existen dos formas químicas del nitrógeno en el suelo son la mineral y orgánica. Los restos de origen animal y vegetal aportan el nitrógeno esencialmente en forma orgánica, mientras que los fertilizantes aportan el nitrógeno de forma mineral. En relación a la disponibilidad de dichos nutrientes se diferencian estas dos formas, porque las plantas absorben el nitrógeno en forma inorgánica o mineral, ya que para absorber el nitrógeno de los abonos orgánicos estos primero deben pasar por un proceso de mineralización. Siendo las formas químicas de nitrógeno asimilables por las plantas el nitrato (NO_3) y el amonio (NH_4). La urea es una fuente de nitrógeno aplicable muy buena ya que al ser muy soluble en el agua esta puede ser distribuida en la superficie del suelo

ya sea por el riego como por el agua de lluvia, lo cual es muy benéfico para los productores (Arrechea, 2010).

Momento de aplicación: tanto la forma química como el momento de aplicación del fertilizante nitrogenado son trascendentales, ya dichos factores tendrán un efecto directo en la cantidad de nitrógeno que estará disponible en la solución del suelo junto a las raíces, en el momento oportuno para su absorción.

La tasa de absorción de nitrógeno es mínima en los primeros estados de desarrollo hasta V₅-V₆. Esto podría deberse a las pérdidas que sufre el cultivo en las primeras fases de desarrollo, ya sea por lixiviación o volatilización (Barraco & Díaz, 2005). Debido a esto se suele realizar un fraccionamiento de la dosis a aplicar en el cultivo, colocando una primera parte del abono cuando se realiza la siembra y colocando el restante ya sea en una o más aplicaciones en estados de desarrollo posteriores.

La textura y profundidad del suelo, así como la profundidad del sistema radicular del maíz son algunos factores que tienen efecto en la eficiencia de uso del nitrógeno, es importante recalcar que si hay un exceso en la cantidad de nitrógeno al momento de desarrollo radicular se verían perjudicadas las raíces jóvenes, por eso es importante no fertilizar demasiado cerca de las semillas al momento de la siembra.

El maíz comienza a acumular niveles de nitrógeno cuando este ha llegado a desarrollar las seis hojas extendidas (V₆ a V₇), por lo cual este cultivo debería disponer de una cantidad de nitrógeno suficiente, para cumplir su demanda durante su desarrollo. La absorción de N por la planta de maíz se realiza de manera muy variable según las distintas fases del desarrollo en la que se encuentre. En las primeras instancias, tras la germinación, la absorción de nitrógeno es muy lenta y respectivamente insuficiente. A partir de la brotación de la plántula y hasta un mes aproximadamente antes de la floración, el consumo de nitrógeno no es muy significativo (15% del total) y se hace de forma progresiva. A partir de este momento y hasta la floración, el consumo de nitrógeno aumenta de forma considerable y en no más de un mes, se consume del orden del 45% del nitrógeno total que requiere la planta. El 35% restante se consume de forma progresiva hasta que la madurez fisiológica del grano esté lista. En esta última etapa todo el nitrógeno que ha acumulado la planta se va a dirigir hacia la mazorca para que se efectúe la formación y el posterior llenado de granos para lo cual la planta ocupa alrededor del 75% del nitrógeno total que requiere la planta. Tanto antes como después de la aparición de

los estilos es muy importante que las plantas no padezcan escasez de nitrógeno, ya que de ocurrir esto se perjudica la formación como el llenado de los granos (Arrechea, 2010).

2.8.2. Dinámica del nitrógeno

Cuando se utiliza fertilizantes nitrogenados se debe tener en cuenta que en el desarrollo de un cultivo se darán tanto ganancias como pérdidas de dicho elemento, las formas principales de ganancia de nitrógeno (N) son: el N que proviene de las lluvias, aunque para el desarrollo de cultivos no se consideran cantidades significativas, el N que proviene de los procesos de mineralización a partir de restos frescos y el N que aportan los fertilizantes y abonos orgánicos.

La mineralización consiste en la transformación del N que se encuentra en forma orgánicas insolubles a formas inorgánicas siendo las más asimiladas por el cultivo el amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-). Por lo cual el N proveniente de los restos orgánicos primero debe pasar por un proceso de mineralización para que pueda estar disponible y ser absorbido por las plantas.

Por otra parte las principales formas de pérdida de N en el suelo son: la lixiviación hacia las aguas superficiales y subterráneas, la volatilización de NH_3 , la desnitrificación a N_2 , en cierta forma también la erosión por factores como el agua y el viento eliminan ciertas formas de N de los agroecosistemas, y por último algunas labores como la quema de los restos de cultivos o la vegetación en barbecho que se queman antes de desarrollar un cultivo y actividades como la cosecha de los productos agrícolas (Robertson & Vitousek, 2009).

Del uso de fertilizantes nitrogenados en un cultivo se deben tomar en consideración muchos aspectos, entre los principales el considerar la cantidad de N que puede haber aportado el cultivo anterior en el suelo donde se realiza la aplicación del fertilizante, dependiendo del cultivo se conoce que hay algunos que aportan cantidades considerables al suelo, aunque las personas a pesar de saber esto continúan aplicando cantidades extra de N para “asegurar” una cantidad suficiente de dicho elemento.

Hoffman *et al* (2015) sostienen que el rendimiento está relacionado directamente con el potencial de mineralización de nitrógeno (PMN) presente en dicho sitio y que por ente existirá una demanda más alta de N, pero a su vez una mayor oferta de nutriente por parte del suelo. Mazzilli *et al.* (2015) establecen que cuando en una zona se ha llevado a cabo

agricultura de manera continua, el contenido de N y el PMN se van reduciendo debido al manejo llevado previamente en dicha zona, lo cual es en parte perjudicial ya que incrementan las necesidades de fertilización, por esto es importante conocer el historial de cultivos desarrollados en dicho campo.

Además del cultivo anterior algo que se debe considerar son las condiciones climáticas propias de la zona donde se va a desarrollar el cultivo de maíz, ya que procesos como la mineralización en ciertas zonas se aceleran debido a las condiciones climáticas presentes, tales como la suficiente cantidad de agua, ausencia de vientos fuertes que puedan ocasionar erosión, escorrentías, etc., (Below, 2002). Lo cual se confirma por Sánchez y Muñoz quienes obtuvieron distintos rendimientos en varias campañas agrícolas por el hecho de existir una gran variabilidad de oferta hídrica en el transcurso del año (Sanchez & Muñoz, 2008).

2.9. Efectos del nitrógeno en el cultivo de maíz

Según Intagri (2015) se menciona que entre algunos de los factores que afectan o que influyen directamente en el rendimiento del maíz, se tienen en primer lugar al Clima y al nitrógeno; el clima está relacionado estrechamente con el nitrógeno y el rendimiento del cultivo, por el hecho de influir en aspectos como pérdidas, disponibilidad y el uso de este elemento por parte de la especie en desarrollo. Si se tiene un buen clima combinado con el nitrógeno se puede conseguir excelentes rendimientos, lo que por el contrario no se conseguiría si se carece de aspectos como las precipitaciones necesarias para acondicionar el sitio, la humedad requerida por el cultivo, etc. Por lo cual es importante tener un conocimiento previo del historial climático presente en dicha zona.

En la etapa de la nascencia cumple un papel importante ya que para poder empezar su crecimiento posterior a la germinación la plántula requiere de nitrógeno, de lo contrario se podría ver reducida la densidad poblacional presente en el sitio de explotación. (Arrechea, 2010). La acumulación de N en este periodo puede llegar incluso a 5.20 kg de N/ha/día (Rengel, 2004).

Es importante que se definan las etapas vegetativas en las que es esencial que el nitrógeno esté presente en el suelo, por ser un elemento limitante del rendimiento del cultivo, en maíz el periodo transcurrido entre la fase V₆ y V₁₂ es crucial para el llenado de la mazorca pues es el periodo en el que se determinará el número de hileras por mazorca y el número

de granos por hileras, por lo cual es necesario que el N esté presente ya que funciona como un elemento regulador (García & Espinosa, 2009). Así mismo mencionan Stamp *et al* (2000) al coincidir en un estudio en el que se reflejó que al enfrentarse un cultivo de maíz a una deficiencia de nitrógeno durante el desarrollo de la hoja 6 a la 10 las plantas redujeron el número de granos por mazorca presente en la plantación. La acumulación de N en este periodo puede llegar hasta 6.82 kg de N/ha/día (Rengel, 2004).

Además, es esencial para el crecimiento vegetal de las raíces, así como del resto de la planta, en este periodo suele existir una competencia de las plantas de maíz con las arvenses, por esta razón es importante llevar a cabo un manejo fitosanitario adecuado para asegurar que las plantas no compitan con malas hierbas por nutrientes, agua, etc. que pueda afectar una futura cosecha.

Mediante un estudio se reconoció el efecto de acumulación de nutrientes presente en plantas de maíz, concluyendo en 2 momentos definidos de absorción, el primero durante el periodo de inicio de diferenciación floral aproximadamente entre los 27 a 46 días después de la siembra y el segundo periodo correspondiente al llenado de granos aproximadamente entre 76 a 88 días después de la siembra, por lo cual es importante conocer la duración de cada fase vegetativa y reproductiva del cultivo de maíz (Rengel, 2004).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización de estudio

El experimento de campo se realizó en el sector San Marcos en las calles catorceava, entre Vicente Betancourt y Teresa Arcaya, ubicado al suroeste del cantón Santa Rosa, de la provincia de El Oro.

3.1.2. Ubicación del experimento

- Latitud: S 3° 30' / S 3° 20',
- Longitud: W 80° 0' / W 79° 45';
- Coordenadas Planas UTM (aprox): Norte: 9613070 / 9631470, Este: 611070 / 638870,
- Altitud: 12 msnm.

3.1.3. Condiciones edafoclimáticas

El cantón Santa Rosa, presenta una precipitación promedio anual de 1250 mm, la cual va disminuyendo a medida que se acerca hacia la costa del Océano Pacífico. La temperatura media anual fluctúa entre 24 a 25°C, en relación a la radiación solar hay un promedio de 11.5 horas de luz solar promedio diario, la humedad relativa está en promedio de 65 y 85% y la incidencia de la radiación solar sobre el cantón varía entre 1000 y 2000 horas anuales.

En el cantón Santa Rosa existen varios tipos de suelos, entre los cuales se destacan los Entisoles, Alfisoles e Inceptisoles que son aquellos que ocupan mayores porcentajes de extensión del cantón.

Los Entisoles, caracterizados por estar desarrollados débilmente, con poca fertilidad y alta concentración de sales, este tipo de suelo se encuentra ocupando el 36,88% del área total del cantón con 30.427,45 ha, se encuentra dicho suelo en las islas del Archipiélago de Jambelí y la parte norte del cantón.

Los Alfisoles que son suelos importantes para el sector agrícola ocupan un 33,86% con una extensión de 26.535 ha encontrados principalmente en las parroquias Bellamaria, La Avanzada y Bellavista.

Los Inceptisoles se caracterizan por ser suelos incipientes, húmedos y poco desarrollados con cierta acumulación de materia orgánica, estos suelos pueden ser destinados a la labor agrícola si se realiza un adecuado manejo, estos suelos ocupan un 22,05 % del cantón con una superficie de 17.275 ha y se encuentran principalmente en la parte oriental y sur del cantón, por El Playón y el Guayabo, también la parte norte por los sectores de Miraflores y Jumón.

El área restante del cantón que corresponde al 8,03 % con una extensión de 6.293 ha, son áreas antrópicas que están conformadas por las piscinas camaroneras ubicadas al occidente del cantón y las zonas urbanas (SEMPLADES, 2017)

3.1.4. Equipos, Materiales

3.1.4.1. Cultivo

- Parcelas con cultivar de maíz

3.1.4.2. Cultivares seleccionados para realizar la investigación

- Trueno

3.1.4.3. Fertilizantes

- Urea
- Cloruro de Potasio
- Fosfato Diamónico

3.1.4.4. Mediciones en planta

- Flexómetro de 5 m

3.1.4.5. Pesaje en cosecha

- Balanza digital Camry

3.1.4.6. Otros

- Libreta de campo
- Herramientas de campo (machete, palas, azadón)
- Piola gruesa
- Computadora portátil
- Cámara fotográfica

3.2. Métodos

3.2.1. Metodología

Para la realización del experimento se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con 6 tratamientos y 4 réplicas (6 x 4), es decir 24 unidades experimentales o parcelas (Cuadro 1).

Cuadro 1: Diseño de bloques al azar para el replanteo de las parcelas.

BLOQUES	TRATAMIENTOS					
BLOQUE 1	T6	T1	T4	T3	T5	T2
BLOQUE 2	T2	T3	T5	T6	T1	T4
BLOQUE 3	T3	T4	T6	T5	T2	T1
BLOQUE 4	T4	T5	T2	T1	T6	T3

Para cada uno de los seis tratamientos establecidos se aplicaron diferentes dosis de Urea y de fertilizantes de fondo con excepción del testigo al cual no se le aplicó fertilizante (Cuadro 2).

Cuadro 2: Tratamientos utilizados en el experimento en kg/ha

DOSIFICACIÓN				
		Muriato de Potasio (kg/ha)	DAP (kg/ha)	UREA (kg/ha)
Testigo (0 kg N)	Tratamiento 1	0	0	0
20 kg/ha N	Tratamiento 2	166,67	108,69	0
60 kg/ha	Tratamiento 3	166,67	108,69	86,95
60 kg/ha (30 siembra, 30 V ₅ V ₆)	Tratamiento 4	166,67	108,69	86,95 fraccionado
120 kg/ha	Tratamiento 5	166,67	108,69	217,39
120 kg/ha (60 siembra, 60 V ₅ V ₆)	Tratamiento 6	166,67	108,69	217,39 fraccionado

El área total del experimento fue de 323 m² (19 m x 17 m) y el tamaño de cada unidad experimental fue de 12 m² (3 m x 4 m) y 4 hileras o surcos. La distancia de siembra que se utilizó fue de 0.75 m entre hileras y de 40 cm entre plantas.

Se realizaron las correspondientes fertilizaciones y se realizaron 3 mediciones en el transcurso del crecimiento de las plantas con respecto a la altura de la planta, mismas que se hicieron en 10 plantas que se seleccionaron desde el principio para ser evaluadas.

3.2.2.Labores realizadas en el campo.

3.2.2.1. Replanteo del diseño experimental en el campo.

Se realizó la medición y estaquillado para la definición de cada parcela y se formaron las 4 hileras por parcela. Cada parcela quedó establecida con un ancho de 3 metros y un largo de 4 metros en diseño de bloques al azar (Figura 5).



3.2.2.2. Preparación de Fertilizantes.

Para la preparación del fertilizante se pesó las cantidades calculadas con anterioridad para el cloruro de potasio y el fosfato Diamónico, una vez pesado el fertilizante se colocó en fundas, las mismas que fueron repartidas en las parcelas donde se debía aplicar este fertilizante, las cantidades fueron divididas para las 4 hileras o surcos correspondientes de cada parcela (Figura 6).



Figura 6: Pesaje de las dosis de fertilizantes a usar en experimento.

Fertilizantes

- **UREA**

Es un compuesto químico orgánico cristalino de color blanco que contiene un 46 % de nitrógeno. Se utiliza considerablemente en el sector de la agricultura, tanto como fertilizante y aditivo para alimentos de animales, lo que hace que su producción sea considerablemente alta en comparación con otros fertilizantes (Figura. 7).



Figura 7: Fuente de nitrógeno utilizada, UREA

Fuente: Agripac, 2020

- **Fosfato Diamónico**

El Fosfato Diamónico (DAP) es el fertilizante sólido aplicado directamente al suelo con la más alta concentración de nutrientes primarios 18 % de nitrógeno y 46 % de P_2O_5 , se considera un complejo químico por tener dos nutrientes en su formulación (Figura 8).



Figura 8: Fuente utilizada de fósforo, fosfato diamónico

Fuente: Agripac, 2020

- **Cloruro de Potasio**

El muriato o cloruro de potasio, es una de las fuentes de potasio más utilizadas en agricultura. Es el fertilizante potásico con la mayor concentración del elemento, 60 % de K_2O . Su compuesto neutro, no altera el pH del suelo. Se aplica a todo tipo de suelo y cultivos. Con excepción en aquellos cultivos en los que el cloruro este contraindicado (Figura 9).



Figura 9: Fuente de potasio utilizada, Cloruro de potasio.

Fuente: Agripac, 2020

3.2.2.3. Aplicación de fertilizantes.

Para la aplicación del fertilizante de fondo, cloruro de potasio con el fosfato diamónico, se procedió a colocar el contenido de las fundas en el fondo de cada surco de las parcelas, es decir a una profundidad entre 10 a 20 cm a lo largo de cada surco se fue colocando el

fertilizante uniformemente y luego se fue cubriendo con el suelo removido para dejar el surco listo para la siembra.

De igual forma se pesó y colocó en fundas la cantidad de urea requerida de Urea para cada tratamiento, la cual se aplicó inmediatamente después de la siembra, tras un riego de agua previo.

3.2.2.4. Siembra del maíz.

Una vez que se realizó la aplicación del fertilizante de fondo se realizó la siembra del maíz (Figura 10); a lo largo del surco se colocaron 3 semillas por sitio a una distancia entre plantas de cuarenta centímetros y una distancia entre hilera de setenta y cinco centímetros, las semillas se colocaron en nueve hoyos de forma manual, un total de 36 plantas por cada parcela. Como se colocaron 3 semillas en cada sitio se ocuparon 108 semillas por parcela y un total de 2592 semillas para todo el experimento.



Figura 10: Siembra del maíz en las parcelas del experimento.

3.2.2.5. Raleo

El día 8 de septiembre a los 5 días desde la emergencia de las plantas, se realizó un raleo, dejando 1 sola planta por sitio en todas las parcelas.

3.2.2.6. Control de arvenses

El control de arvenses se realizó de manera manual con machete, de forma frecuente ya que por los meses de lluvia las arvenses se presentaron abundantemente.

3.2.2.7. Riego

El riego se realizó a gravedad por 3 horas cada 2 días.

3.2.3. Evaluaciones realizadas

Las evaluaciones se realizaron en los dos surcos centrales, de modo que el surco uno y cuatro se utilizaron como barreras, para disminuir el efecto de borde o error experimental, con el mismo objetivo se desechó 0.5 m al inicio y final de cada unidad experimental.

3.2.3.1. Altura de la planta

Para evaluar la variable altura se seleccionaron 10 plantas por cada parcela en las cuales se midió la altura desde la superficie del suelo hasta el último nudo del tallo cercano a la hoja bandera. Estas plantas fueron seleccionadas de los 2 surcos centrales de las parcelas.

3.2.3.2. Peso de Biomasa

Para pesar la cantidad de biomasa vegetativa se escogieron las plantas procedentes de los surcos centrales, dejando medio metro desde los bordes hacia dentro, para evitar los efectos de los tratamientos adyacentes. Luego se procedió a pesar la parte vegetativa aérea de la planta una vez cortada, con la ayuda de una balanza, el pesaje se hizo de forma total de cada parcela. Para facilitar la labor del pesaje todas las plantas fueron amarradas para poder realizar un solo peso por parcela. Se utilizó una balanza tipo comercial marca Camry (Anexo 6).

3.2.3.3. Conteo poblacional

El conteo poblacional se realizó al finalizar las evaluaciones en el experimento, en campo con la finalidad de comprobar la cantidad de plantas existentes en cada tratamiento y contar con una referencia de la homogeneidad poblacional al momento de evaluar los resultados.

3.2.4. Procesamiento estadístico

Se realizaron todos los análisis con el programa estadístico SPSS, para la obtención de los resultados se efectuaron pruebas lineales, así como no paramétricas en el caso de los datos que no presentaron normalidad se realizaron de formas independientes.

Para determinar si en el experimento se manifiestan o no diferencias significativas entre las medias para las variables establecidas, como: la altura y el peso de la biomasa se utilizó

un análisis de varianza (ANOVA) de un factor inter-grupos, ante la verificación de lo requerido en la distribución de datos para la ejecución de pruebas paramétricas.

Con anterioridad se preparó una matriz en el software SPSS, de manera segmentada con los datos obtenidos del experimento.

Se aplicaron pruebas post hoc para aquellas variables en las que se observaron diferencias estadísticas significativas.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros de rendimiento en el cultivo de maíz

4.1.1. Altura de planta

La prueba de efectos inter-sujetos, para la variable altura entre las Dosis y Bloques no detectó una diferencia estadística significativa ($P > 0.05$), es decir, no tuvieron un efecto en particular en los resultados de la investigación (Cuadro 3).

Cuadro 3: Prueba de efectos inter-sujetos en variable altura.

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Altura de la planta (cm)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	36943,953 ^a	8	4617,994	1,447	,172
Interceptación	8565501,025	1	8565501,025	2684,369	,000
Dosis	23241,446	5	4648,289	1,457	,201
Bloques	13702,506	3	4567,502	1,431	,232
Error	5331960,772	1671	3190,880		
Total	13934405,750	1680			
Total corregido	5368904,725	1679			

a. R al cuadrado = ,007 (R al cuadrado ajustada = ,002)

En la evaluación de la variable altura a los 30 días después de la siembra, el análisis estadístico (ANOVA) observó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los 6 tratamientos presentes a la fecha de medición (Cuadro 4).

Cuadro 4: Anova de un factor inter-grupos para variable altura a los 30 dds.

ANOVA

Altura de la planta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2566,631	5	513,326	7,982	,000
Dentro de grupos	15048,171	234	64,308		
Total	17614,803	239			

En las primeras etapas del desarrollo de las plantas de maíz se empiezan a observar diferencias en relación a la altura, como se muestra en el siguiente gráfico las plantas

están empezando asimilar el N poco a poco, el tratamiento 6 de 120 kg N/ha (fraccionado en 60 kg N/ha en la siembra y 60 kg N/ha en V₅ V₆) en esta fecha de medición presentó los mejores resultados ya que tuvo los mayores valores de altura llegando a tener una media de 43.5 cm, el tratamiento testigo al igual que los tratamientos 3, 4 y 5 se mantienen en el mismo rango en relación al crecimiento y el tratamiento 2 al cual se aplicó solo 20 kg de N/ha resultó ser el que menos altura alcanzó con una media por tratamiento de 32.6 cm. Como menciona (Rengel, 2004) en su estudio el nitrógeno influye en el crecimiento considerablemente desde las primeras etapas de desarrollo de las plantas, en maíz el N absorbido a partir de los 27 días puede llegar incluso a 2.97 kg/ha/día (Figura 11).

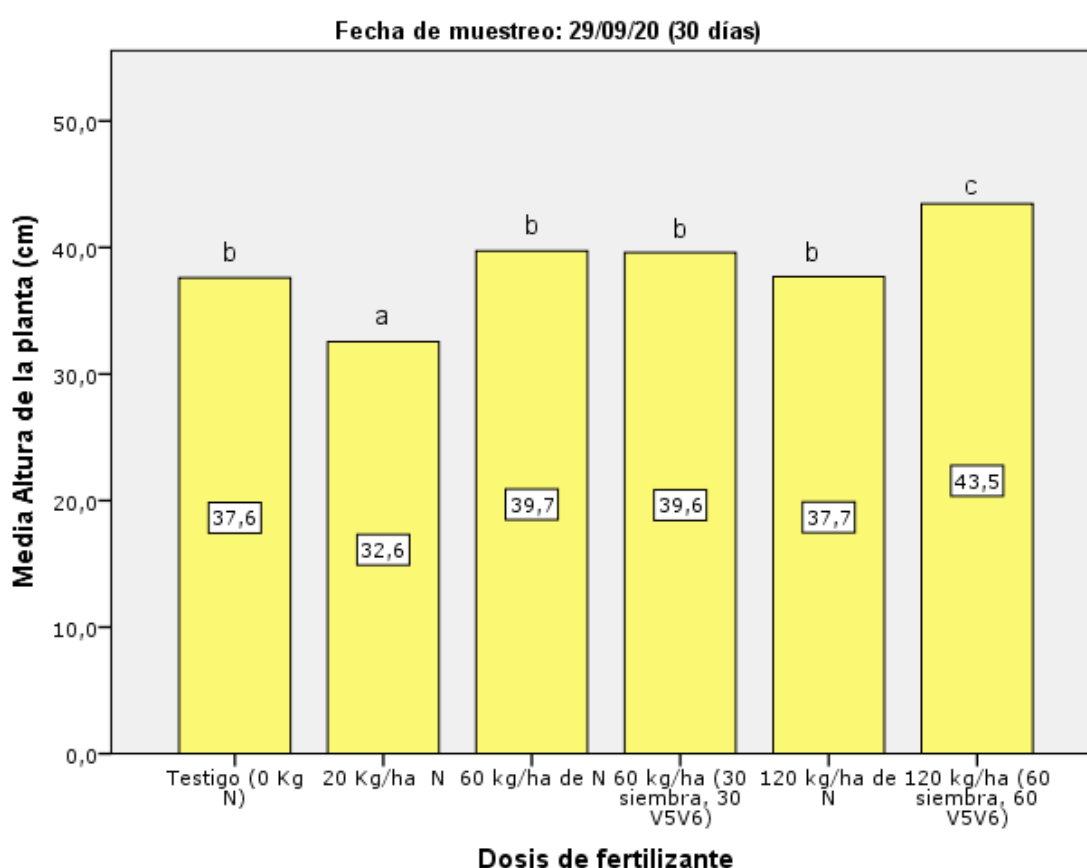


Figura 11: Altura de las plantas de maíz a los 30 días después de la siembra por tratamientos (Prueba de Duncan).

Además, los fertilizantes utilizados si son los adecuados sirven en efecto para hacer que el agua que se encuentra presente en el medio sea utilizada, produciendo así que dicha agua pase de manera directa a la solución del suelo y pueda ser aprovechada por las plantas de la explotación agrícola. Lo cual ayudará a que la planta pueda seguir creciendo (Arzola *et al*, 1981) citado por (Blessing & Hernández, 2009).

En el análisis estadístico de pruebas de efectos inter-sujetos para altura a los 45 dds se aprecia diferencias significativas entre las dosis y entre los bloques respectivamente. ($P < 0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 5: Prueba de efectos inter-sujetos para altura a los 45 dds

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Altura de la planta

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	16724,975 ^a	8	2090,622	12,464	,000
Interceptación	1518434,508	1	1518434,508	9052,897	,000
Dosis	10179,407	5	2035,881	12,138	,000
Bloques	6545,568	3	2181,856	13,008	,000
Error	38745,426	231	167,729		
Total	1573904,910	240			
Total corregido	55470,402	239			

a. R al cuadrado = ,302 (R al cuadrado ajustada = ,277)

El análisis estadístico (ANOVA) realizado para la variable altura a los 45 días después de la siembra apreció diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los 6 tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6: ANOVA de un factor inter-grupos para variable altura a los 45 dds.

ANOVA

Altura de la planta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10179,407	5	2035,881	10,519	,000
Dentro de grupos	45290,995	234	193,551		
Total	55470,402	239			

En el siguiente gráfico se puede observar una tendencia de crecimiento que va de acuerdo a la dosis de nitrógeno aportado, el tratamiento 6 continúa liderando los valores de altura con una media por tratamiento de 89.8 cm, los tratamientos 3,4 y 5 se encuentran dentro

del mismo subconjunto por el hecho de mantener alturas dentro de un rango muy parejo, es decir de entre 79 a 83 cm , y. el tratamiento 2 que en primeras instancias se mantuvo muy por debajo de los otros tratamientos se encuentra casi a la par con el testigo, este llega a tener una altura de 69.8 cm (Figura 12).

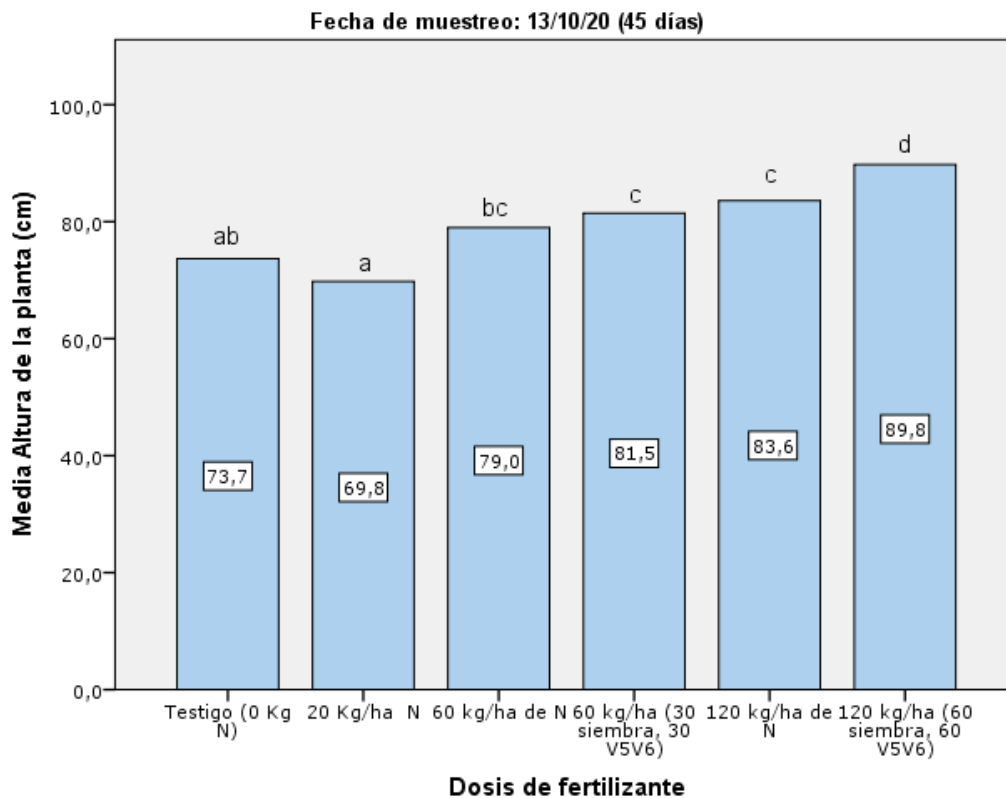


Figura 12: Altura de las plantas de maíz a los 45 días después de la siembra por tratamientos (Prueba de Duncan).

La altura es una variable que depende también de la genética que tenga la variedad que se va a sembrar, ya que no todas las semillas tienen los mismos potenciales de crecimiento, de brote, de resistencia a plagas y enfermedades, por lo tanto, se debe considerar que no siempre las plantas de maíz medirán lo mismo (Reyes, 1990) citado por (Blessing & Hernández, 2009)

En la prueba de efectos inter-sujetos realizada con las alturas a los 75 días, el análisis estadístico manifestó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre bloques y entre las diferentes dosis del experimento (Cuadro 7).

Cuadro 7: Prueba de efectos inter-sujetos para altura a los 75 dds.

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Altura de la planta

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	4866,480 ^a	8	608,310	7,585	,000
Interceptación	8158925,628	1	8158925,628	101735,415	,000
Dosis	3457,940	5	691,588	8,624	,000
Bloques	1408,539	3	469,513	5,854	,001
Error	18525,622	231	80,197		
Total	8182317,730	240			
Total corregido	23392,102	239			

a. R al cuadrado = ,208 (R al cuadrado ajustada = ,181)

El análisis estadístico (ANOVA) de un factor realizado a la variable altura en la medición a los 75 dds demostró que existe una diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8: ANOVA de un factor realizado para variable altura a los 75 dds

ANOVA

Altura de la planta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2566,631	5	513,326	7,982	,000
Dentro de grupos	15048,171	234	64,308		
Total	17614,803	239			

En los resultados en relación a la altura para los diferentes tratamientos a los 75 días después de la siembra, se muestra que los tratamientos llegan a tener una altura considerable, en este punto se puede observar una respuesta más clara sobre el parámetro altura, el tratamiento 6 tuvo los mejores resultados ya que logro una media en altura de 189.9 cm, si hubo diferencia de los demás tratamientos con excepción del tratamiento 5 que llegó alcanzar casi los mismos valores con una media de altura de 188.0 cm, los tratamientos 3 y 4 se mantuvieron en promedios bastantes equitativos y por último el tratamiento 2 fue el tratamiento con resultados más bajos de altura, con una diferencia de 10.9 cm del tratamiento 6. Por lo cual se podría decir que a los 75 dds el crecimiento se vio reflejado de acuerdo en magnitud de la cantidad de N proporcionado por cada tratamiento. (Golla *et al*, 2018)mencionan que la altura de las plantas crece

proporcionalmente en relación al aumento del nitrógeno presente en el suelo disponible para la asimilación de las plantas, demostrando esto en sus resultados pudieron obtener las siguientes alturas: 250.07 cm siendo esta altura del tratamiento testigo, 265.26 cm para una aplicación de 92 kg N/ha y alturas de 267.59 cm con una aplicación de 115 kg N ha⁻¹), esto debido al incremento en la tasa de nitrógeno que tiene un efecto positivo en el vigor de las plantas y su efecto en la extensión inter-nodal debido a que habrá nitrógeno disponible durante el periodo de desarrollo del cultivo (Figura 13).

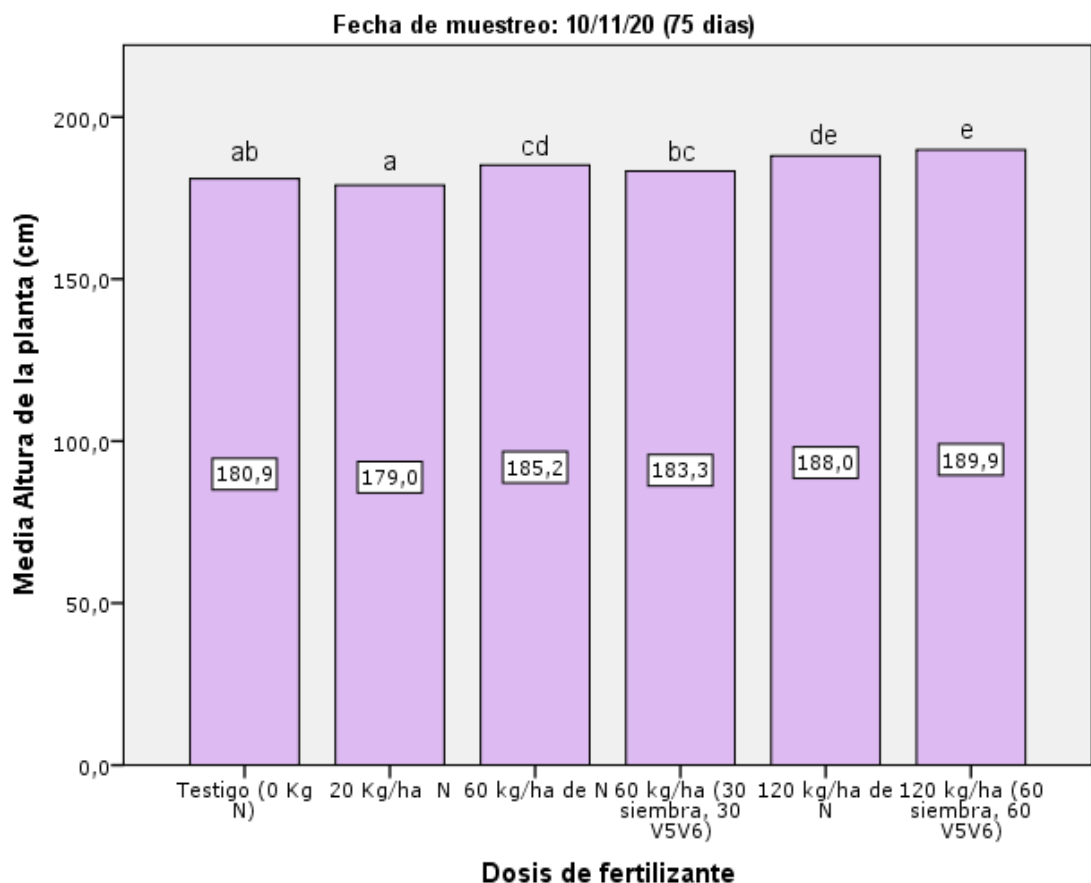


Figura 13: Altura de las plantas de maíz a los 75 días después de la siembra por tratamientos (Prueba de Duncan).

La altura de la planta es una variable muy importante en la observación de respuesta a efectos de fertilizantes de cualquier tipo, se mide de la planta el largo del tallo, el cual está compuesto por varios nudos cilíndricos en los cuales se van almacenando todos los nutrientes que luego pasarán a formar parte de la mazorca en la fase de reproducción. En el desarrollo de esta variable existen varios factores que influyen de manera directa, tales como las condiciones edafoclimáticas (Somarriba, 1998) citado por (Blessing & Hernández, 2009).

En el siguiente gráfico donde se muestra la línea de crecimiento de alturas a lo largo de las fechas de las mediciones, se aprecia que el tratamiento 6 siempre se mantuvo con valores por encima de los otros tratamientos; los tratamientos 3, 4 y 5 se mantuvieron en el mismo rango de valores a lo largo de la duración del proyecto, el testigo al inicio de su desarrollo empezó a la par de los tratamiento 3, 4 y 5; pero luego se fue quedando en un rango de valores similares al tratamiento 2, este último se mantuvo con valores bajos en todo el desarrollo del trabajo experimental. (Armand & Ferrari, 2018) mencionan que la ausencia de respuesta podría estar manifestada por una eminente tasa de mineralización de N en el suelo (Figura 14).

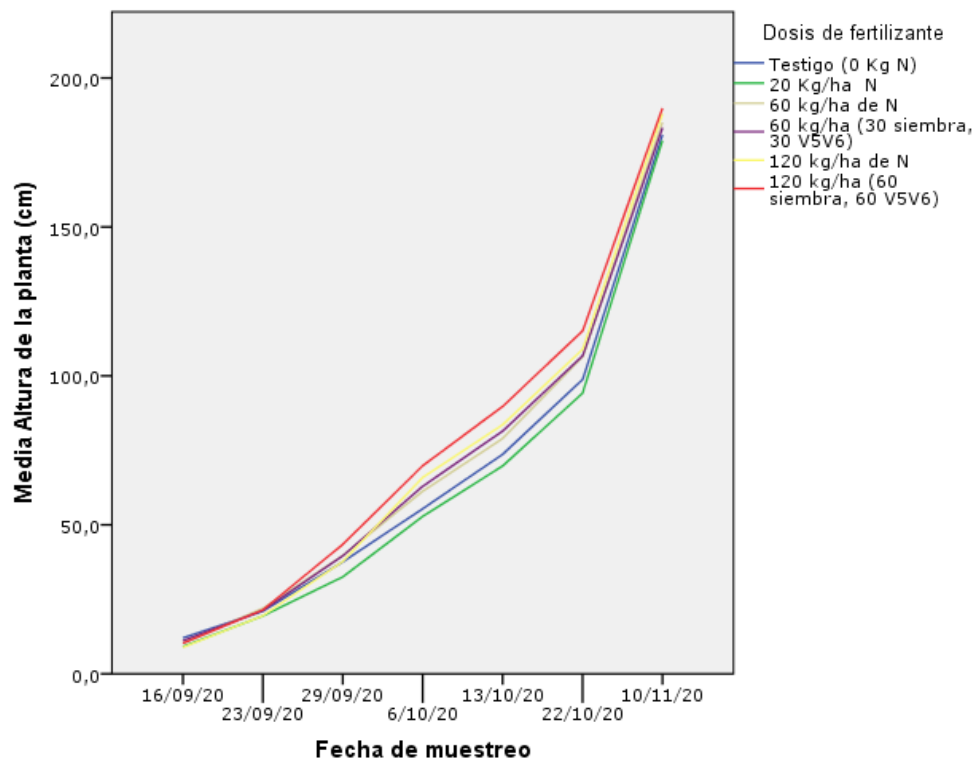


Figura 14: Influencia de la fertilización nitrogenada en la altura de las plantas de maíz.

La prueba realizada de Kruskal Wallis (Cuadro 9) para la variable de altura refleja un valor de significancia de 0.102, mayor al valor que se acepta de 0.05, para el nivel de significancia, por lo cual se denota que estadísticamente existe una diferencia significativa.

Cuadro 9: Prueba de Kruskal-Wallis para variable altura

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig .	Decisión
1	La distribución de altura de la planta (cm) es la misma entre las categorías de Dosis de fertilizante.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,102	Conserve la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.				

Con respecto al fraccionamiento de las dosis de nitrógeno, no se encontró influencia, ya que los tratamientos donde no se dividió la dosis de nitrógeno, mostraron un crecimiento similar, alcanzando las plantas de maíz las mismas alturas que se podrían haber logrado sin necesidad de realizar un fraccionado en la dosis del fertilizante nitrogenado (Figura 15).

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes

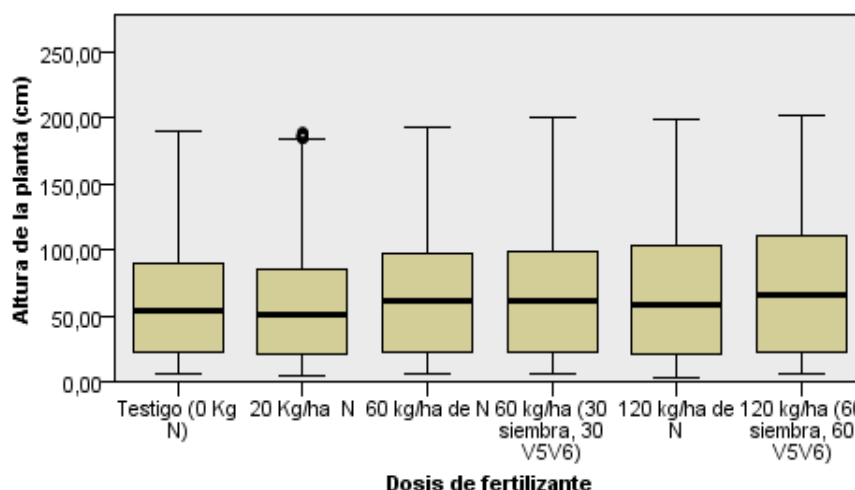


Figura 15: prueba de Kruskal-Wallis para variable altura de las plantas de maíz por tratamientos.

4.1.2. Conteo Poblacional

Como se puede observar en el Cuadro 10, la cantidad de plantas de maíz es similar en todos los tratamientos, con valores que fluctuaron entre 34 y 36 plantas, lo que confirma la existencia de una población uniforme, la cual no tuvo influencia alguna en la producción de biomasa vegetal, por lo que la mayor o menor producción de biomasa de maíz, solo estuvo influenciada por el efecto que causó la fertilización nitrogenada en el crecimiento de las plantas de maíz.

Cuadro 10: Cantidad de plantas de maíz por tratamiento.

Tratamientos	BLOQUES				Media
	I	II	III	IV	
T1 0 kg N/ha	36	35	35	34	35.0
T2 20 kg N/ha	34	35	35	34	34.5
T3 60 kg N/ha	36	36	36	35	35.75
T4 60 kg N/ha (30 kg siembra, 30 kg V5-V6)	36	36	36	35	35.75
T5 120 kg N/ha	34	35	36	34	34.75
T6 120 kg N/ha (60 kg siembra, 60 kg V5-V6)	35	36	35	36	35.5
TOTAL	845				35.2

Uno de los factores que influyen de manera considerable en los parámetros de rendimiento es la población (densidad poblacional), ya que si se tiene más plantas en un área se puede obtener mayor biomasa vegetal, esto depende del híbrido o cultivar que se plante. La densidad utilizada en el experimento fue de 30.000 plantas/ha. Mendoza *et al.*, (2006) obtuvo buenos resultados en cuanto al rendimiento utilizando una densidad poblacional de entre 70.000 y 80.000 plantas/ha, mientras que Morales *et al.*, (2008) obtuvieron mejores rendimientos con una densidad de 78.000 a 89.000 plantas/ha y Martínez *et al.*, (2017) encontró en sus estudios mejores resultados ante una densidad de 75.000 plantas/ha, por lo que se infiere que la densidad influye directamente sobre el rendimiento del cultivo de maíz, pero deben considerarse aspectos como el manejo del cultivo, y las condiciones edafoclimáticas.

4.1.3. Peso de biomasa vegetal

El análisis estadístico (ANOVA) de un factor aplicado al peso de la biomasa al final del experimento demostró que no existe diferencia significativa para esta variable ($P > 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 11).

Cuadro 11: ANOVA de un factor para variable Biomasa.

ANOVA

Peso biomasa (kg)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12,538	5	2,508	,603	,699
Dentro de grupos	74,908	18	4,162		
Total	87,446	23			

En el siguiente gráfico se muestra la media total del peso de la biomasa por tratamientos, para esta variable, los valores de peso en biomasa están alrededor de la normalidad pero existe una tendencia a nivel estadístico en cuanto al rendimiento a razón de la cantidad aplicada que va en aumento como es el caso del Tratamiento 6 (120 kg de N/ha, 30 kg en siembra y 30 kg en V₅-V₆), que logró los valores mayores para esta variable con un total de 8585.83 kg/ha, seguidos por los tratamientos 4 y 5 con valores de 7770 kg/ha y 7911.66 kg/ha respectivamente; por último el tratamiento 2 manifestó la menor producción de biomasa con un peso total de 6694.16 kg/ha (Figura 16).

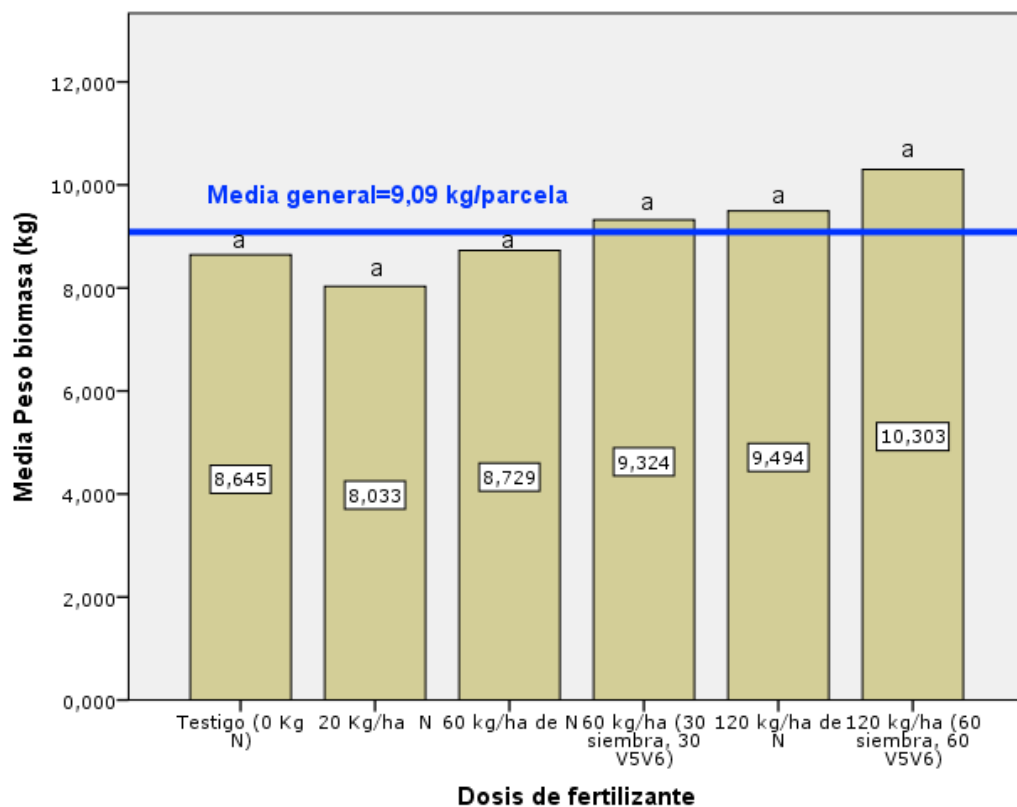


Figura 16: Efecto de las dosis de fertilizantes en el peso de la biomasa de maíz.

La Biomasa vegetal es una variable dentro de los componentes de rendimiento del maíz muy importante ya que con este parámetro se visualiza la capacidad que tiene la planta de ir multiplicando su peso a medida que esta va desarrollándose, una semilla diminuta al término de un ciclo puede llegar a pesar hasta mil veces más de lo que pesa inicialmente. El maíz se desarrolla de manera excelente, en menos de tres meses éste puede alcanzar una altura superior a 2 m y un área foliar de 70 dm² en la planta; además se caracteriza porque la mitad de su peso corresponde a órganos reproductivos, por lo

cual se le estima mejor que otras especies tales como: la soja o incluso el girasol cuando se habla de producción de biomasa (Andrade, 1995).

Para que se dé una producción de biomasa considerable en maíz también se debe tomar en cuenta que la producción dependerá a parte de la asimilación de N, de la eficiencia de uso de la radiación, no existir déficit hídrico y de que en la época de crecimiento no existan temperaturas bajas; si estas condiciones se cumplen la producción de biomasa será buena y uniforme, tal como se cumple para las condiciones del sitio donde se desarrolló el proyecto.

4.1.4. Fraccionamiento de dosis fertilizada

En la prueba de efectos inter- sujetos de la variable altura aplicada solo a las dosis fraccionadas, el análisis estadístico no encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos ni entre los bloques o repeticiones con relación al fraccionamiento de la dosis aplicada a los tratamientos 3 al 6 (Cuadro 12).

Cuadro 12: Prueba de efectos Inter- sujetos aplicado a la altura de la planta para tratamientos con dosis iguales y fraccionadas

Pruebas de efectos inter-sujetos
Variable dependiente: Altura de la planta

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	13407,841 ^a	6	2234,640	,566	,758
Interceptación	5130501,302	1	5130501,302	1298,689	,000
Dosis	3224,368	3	1074,789	,272	,846
Bloques	10183,473	3	3394,491	,859	,462
Error	1868596,916	473	3950,522		
Total	7012506,060	480			
Total corregido	1882004,758	479			

a. R al cuadrado = ,007 (R al cuadrado ajustada = -,005)

En el ANOVA de un factor aplicado a la variable altura para los tratamientos fraccionados, no manifestó la existencia de diferencias significativas para los tratamientos 3 y 4 que tienen una dosis de 60 kg N/ha y los tratamientos 5 y 6 que tienen una dosis de 120 kg N/ha, pero el tratamiento 4 y 6 se fraccionaron (Cuadro 13).

Cuadro 13: ANOVA de un factor aplicado al fraccionamiento de la dosis

ANOVA

Altura de la planta

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3224,368	3	1074,789	,272	,845
Dentro de grupos	1878780,390	476	3947,018		
Total	1882004,758	479			

En el Anova de un factor realizado al peso de la biomasa en base a las dosis fraccionadas, el análisis estadístico no manifestó diferencias significativas entre los tratamientos. ($P > 0.05$) (Cuadro 14).

Cuadro 14: Anova de un factor aplicado a peso de biomasa para el fraccionamiento del fertilizante nitrogenado

ANOVA

Peso biomasa (kg)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5,055	3	1,685	,335	,801
Dentro de grupos	60,431	12	5,036		
Total	65,486	15			

No se encontró diferencia significativa a las aplicaciones fraccionadas de nitrógeno en la producción de biomasa de maíz, como se puede apreciar en la Figura 17. La aplicación de 60 y 120 kg de N/ha, suministrados de una sola vez en el momento de la siembra mostraron valores similares, en producción de biomasa de maíz, con respecto a esa misma cantidad de N/ha, aplicada la mitad, en siembra y la otra mitad en la fase V₅-V₆ con resultados muy similares; solo se aprecia una tendencia al aumento, lo que sostiene que en un suelo como en el que se desarrolló el trabajo experimental sería impráctico la realización de un fraccionamiento, ya que al final los resultados serán bastantes homogéneos. Por otra parte, una segunda aplicación de fertilizante encarece los costos de producción.

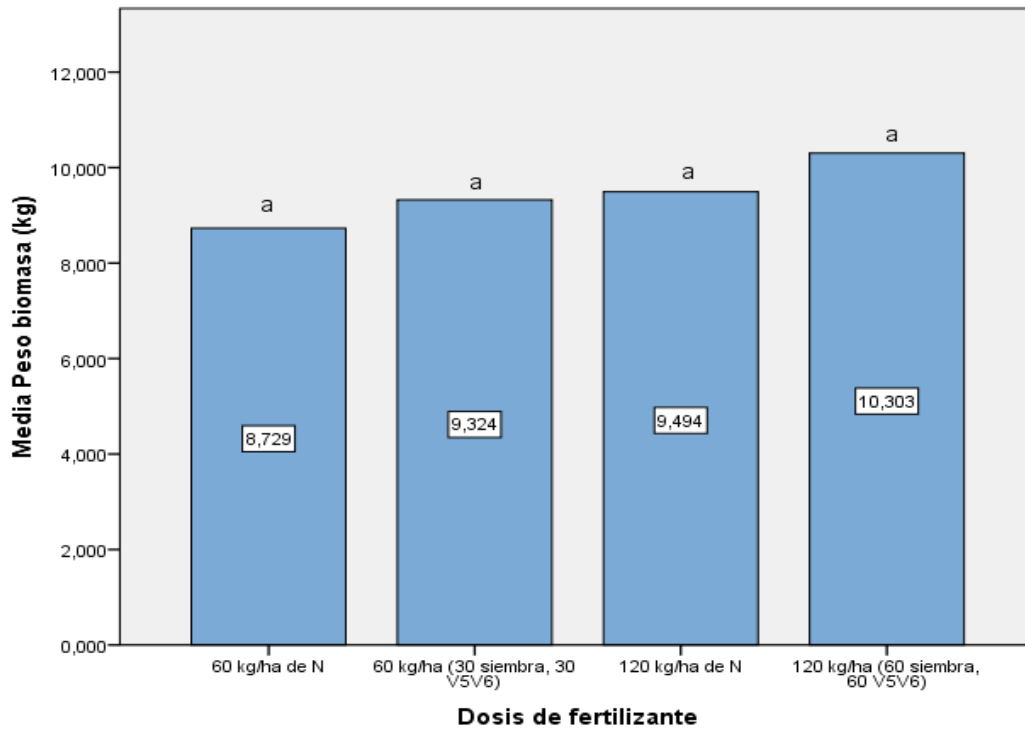


Figura 17: Influencia del fraccionamiento de N en la producción de biomasa de maíz.

Ante las condiciones expuestas podemos decir que el fraccionamiento del fertilizante no sería necesario en este sitio en específico, ya que las diferencias mínimas en cuanto a la respuesta de los tratamientos con las dosis que se aplicaron fraccionadas en relación al testigo, al respecto (Abraham & Falco, 2016) citado por (Armand & Ferrari, 2018) no encontraron respuesta alguna al agregar fertilizante de manera fraccionada en el estado V₆, comparando dosis de 130, 180, 230 y 280 kg de N/ha contra un testigo, al cual solo aplicaron 80 kg N/ha de una sola vez en siembra, no obtuvieron diferencias significativas en los tratamientos fraccionados con respecto al tratamiento donde el N se aplicó en solo momento.

5. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis estadístico realizado mediante el ANOVA de un factor a los 30, 45 y 75 días, se determinó que los tratamientos usados con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado presentaron diferencias significativas para el parámetro de producción de biomasa y altura de la planta de maíz.
- En las pruebas estadísticas aplicadas en relación al peso de biomasa producida por cada tratamiento, se encontró que existe normalidad, pero sí cabe señalar diferencia entre el tratamiento 6 y 2 que fueron los tratamientos con mayor y menor peso de biomasa.
- El tratamiento que tuvo los mejores resultados, para altura como para peso de biomasa fue el tratamiento 6 de 120 kg N/ha (fraccionado en 60 kg N/ha en siembra y 60 kg N/ha en V₅-V₆, logrando una media en el parámetro altura final de 189.9 cm y un peso de biomasa promedio de 8585.83 kg/ha.
- El tratamiento que tuvo los resultados más bajos para altura como para peso de masa fue el tratamiento 2 de 20 kg N/ha, el cual se abasteció de la dosis de N solo por los aportes que brindó el Fosfato Diamónico, con un valor en el parámetro altura final de 179.0 cm y en biomasa de 6694.16 kg/ha, de lo que se infiere que la urea es una fuente nitrogenada más eficiente para el cultivo del maíz.
- El fraccionamiento de la dosis de fertilizante nitrogenado realizado para los tratamientos 4 y 6, no manifestó cambios o alteraciones relevantes en la altura y el peso de la biomasa en el cultivar Trueno, pues los valores se mantuvieron constantes desde el inicio de las mediciones hasta el final, de acuerdo a los datos obtenidos en los 30, 45 y 75 días después de la siembra.
- El aplicar las dosis de fertilizantes en diferentes momentos (siembra y V₅-V₆) en los tratamientos 4 y 6, no tuvo resultados diferentes en relación a la altura y la biomasa obtenidos de los tratamientos 3 y 5, quienes tuvieron cantidades iguales a los tratamientos antes mencionados, pudiendo deberse esta respuesta a las condiciones edafoclimáticas y la disponibilidad de N presentes en el sitio donde se desarrolló el experimento.
- El suelo mostró ser muy fértil y tener buenas propiedades nutricionales, ya que el testigo tuvo buenos rendimientos sin habersele aplicado ningún fertilizante, esto

es evidente ya que el sitio ha permanecido en condiciones de barbecho por alrededor de 20 años y por ende no ha sufrido pérdidas de nutrientes debido a las labores de labranza, remociones, extracciones y exportaciones por otros cultivos.

6. RECOMENDACIONES

- Es importante conocer las condiciones en las que se encuentra el suelo donde se desea producir, una buena opción es la realización de un análisis edáfico para conocer con exactitud cuales son los nutrientes disponibles en el mismo, para proceder a planificar una aplicación, ya que las especies tienen requerimientos específicos que se deben cumplir si se desea tener rendimientos adecuados y a su vez no se corre el riesgo de gastos en insumos que sean innecesarios.
- Las condiciones climáticas influyen a la hora de hablar de la disponibilidad de N en el suelo, lo más idóneo sería ubicar un sitio con buenas condiciones de pluviosidad, en lo posible con mínimos riesgos de erosión eólica y de escorrentía, es decir condiciones que afecten que las plantas puedan ir acumulando el N en sus componentes.
- Usar una misma fuente mineral para proveer un elemento en específico, para evitar comportamientos o respuestas diferentes antes estas aplicaciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, I., & Falco, N. (2016). *Efecto de la fertilización nitrogenada tardía (V10-12) sobre el rendimiento de maíz en condiciones de riego y secano*. Montevideo, Uruguay .
- Alvarez, R., Steinbach, H., Alvarez, C., & Grigera, S. (2003). RECOMENDACIONES PARA LA FERTILIZACION NITROGENADA DE TRIGO Y MAIZ EN LA PAMPA ONDULADA . *INFORMACIONES AGRONÓMICAS DEL CONO SUR* , 1-12.
- Andrade, F. (1995). Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, 1-12.
- Armand, M., & Ferrari, G. (2018). *Respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz bajo riego* . Montevideo, Uruguay.
- Arrechea, M. (2010). *RESPUESTA PRODUCTIVA DE UN CULTIVO DE MAÍZ (“ZEA MAYS” L. VAR. DRACMA) A DISTINTAS DOSIS DE NITROGENO CON DOS TIPOS DE RIEGO Y EFECTO SOBRE LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS*. Navarra.
- Arzola, P., Fundora, H., & Machado, J. (1981). *Suelo, planta y abonado* . La Habana, Cuba : Pueblo Educación.
- Barraco, M., & Díaz, M. (2005). MOMENTO DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE CULTIVOS DE MAÍZ EN HAPLUDOLES TÍPICOS . *CI. Suelo*, 197-203.
- Below, F. E. (2002). Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada del maíz. *Instituto de la Potasa y el Fósforo. Informaciones. Agronómicas*, 54, 3-9. Retrieved Noviembre 10, 2020
- Blanco, L., Uhart, S., Andrade, F., Echeverría, H., & Sainz, H. (2004). Componentes del rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays*) ante diferentes dosis de nitrógeno. *Centro Agrícola*, 36-40.
- Blessing, D., & Hernández, G. (2009, Mayo 2009). *Comportamiento de Variables de crecimiento y rendimiento en maíz VAR. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la Finca El Plantel. 2007-2008*. Managua.
- Brito, M., Carrera, L., & Santillán, L. (2019). Influencia de la Fertilización en la Calidad. *European Scientific Journal*, 51-61.

- Caballero, M., Córdoza, L., & López, A. (2019). VALIDACIÓN EMPÍRICA DE LA TEORÍA MULTICÉNTRICA DEL ORIGEN Y DIVERSIDAD DEL MAÍZ EN MÉXICO. *Fitotec México*, 357-366.
- Caviedes Cepeda, G. M. (2019, Mayo 17). *Revistas USFQ*. From *Revistas USFQ*: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100>
- Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, INC. . (1998). *Guía Técnica Cultivo de Maíz*. Santo Domingo: CEDAF.
- Cervantes, F., Covarrubias, J., Rangel, J., Terrón, A., Mendoza, M., & Preciado, R. (2013). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz . *Agronomía Mesoamericana* , 101-110.
- Delgado, R. (2001). Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y su relación con la disponibilidad del elemento en dos suelos de Venezuela: Producción de materia seca y grano. *Agronomía Tropical* , 387-403.
- Eguez, J., Pintado, P., Ruilova, F., Zambrano, J., Villavicencio, J., Caicedo, M., . . . San Vicente, F. (2019). Desarrollo de un híbrido de maíz de grano blanco para consumo en fresco en Ecuador . *Avances en ciencias e ingenierías* , 46-53.
- FAO. (2020, Septiembre 14). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. From Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- García, J. P., & Espinosa, J. (2009). Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *International Plant Nutrition Institute*, 1-5.
- García, P., Ferrero, A., & Balbi, C. (2005). FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS. *Agrotecnia* , 12-16.
- Golla, B., Mintesnot, A., & Getachew, M. (2018). Impact of Nitrogen Rate and Intra Row Spacing on growth parameters and Yield of Maize at Bako, Western Ethiopia. *Open Journal of Plant Science* , 34-40.
- Hoffman, E., Fassana, N., Mazzilli, S., Berger, A., & Ernst, O. (2015). La necesidad de incrementar la eficiencia de uso del nitrógeno en cereales de invierno. *Simposio Nacional de Agricultura de Secano Paysandú, Uruguay*, 131-140.
- INIAP. (2014). *INIAP*. Obtenido de INIAP: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizd>

- Intagri. (2015, Marzo). *Intagri*. From Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/siete-maravillas-alto-rendimiento-maiz-parte-clima-nitrogeno-hibrido>
- López, B., Rendón, R., & Camacho, T. (2016). La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3075-3088.
- Marcillo, B. (2017). Respuesta del maíz, variedad INIAP 180, a la fertilización nitrogenada en Ambuela, Pichincha, Ecuador. *ALFA, Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 14-27.
- Martínez, D. (2015). Ecofisiología del cultivo de Maíz. *INTA- El cultivo en San Luis*, 7-31.
- Martínez, R., Kölln, O., & Castro, G. (2017). Evaluación de la densidad de plantas, componentes fenológicos de producción y rendimiento de granos en diferentes materiales genéticos de maíz. *IDESIA (Chile)*, 23-30.
- Mazzilli, S., Ernst, O., Sastre, A., & Terra, G. (2015). Disponibilidad de nitratos en sistemas agrícolas sin laboreo y su relación con variables ambientales y de manejo. *Agrociencia Uruguay*, 19, 131-139.
- Mendoza, M., Mosqueda, C., Rangel, J., López, A., Rodríguez, S., Moreno, L., & Moreno, E. (2006). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la Clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM*. *Agricultura Técnica en México*, 89-99.
- Morales, A., Morales, E., Mora, O., Berasaín, D., Campusano, G., & Mondragón, T. (2014). Densidad de población en maíz, coeficiente de atenuación de luz y rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1425-1431.
- Rengel, M. L. (2004). Crecimiento y Dinámica de Acumulación de nutrientes en maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela. *Informaciones Agronómicas*, 5-8.
- Reyes, C. P. (1990). *El maíz y su cultivo* (Tercera ed.). México D.F.: México.
- Robertson, G. P., & Vitousek, P. M. (2009). El nitrógeno en la agricultura: equilibrio de un recurso esencial. *Revisión anual de medio ambiente y recursos*, 97-125.
- Salvagiotti, F., & Castellarin, J. (2000). UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DEL BALANCE DE NITRÓGENO PARA LA RECOMENDACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ. *INFORMACIONES AGRONÓMICAS*, 11-13.

- Salvagiotti, F., Castellarín, J., & Ferraguti, F. (2011). Dosis óptima económica de Nitrogeno en maíz segun potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la region pampeana norte . *CIENCIA DEL SUELO*, 199-212.
- Sanchez, M., & Muñoz, S. (2008). Fertilización nitrogenada de maíz en el sudeste de Córdoba. *Informaciones Agronómicas* , 20-22.
- SEMPLADES. (2017). *Actualizacion del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santa Rosa*. Santa Rosa.
- Somarriba, R. (1998). *Texto granos básicos* . Managua, Nicaragua : UNA.
- Stamp, P., Schowchong, S., Menzi, M., Weingarther, U., & Kaisers, O. (2000). Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited . *Crop Sci* , 1586- 1587.

8. ANEXOS

*Matriz de datos. Anabel Rivera (1).sav [Conjunto_de_datos2] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

23: Visible: 7 de 7 variables

	ID	Dosis	Bloques	Fecha	Altura	Dosis_Biom	Biomasa	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1	1	1	1	10,0	1	7,37								
2	2	1	1	1	13,5	1	11,34								
3	3	1	1	1	10,0	1	6,80								
4	4	1	1	1	10,5	1	9,07								
5	5	1	1	1	7,5	2	7,09								
6	6	1	1	1	9,5	2	9,07								
7	7	1	1	1	10,0	2	7,87								
8	8	1	1	1	11,0	2	8,11								
9	9	1	1	1	9,0	3	9,07								
10	10	1	1	1	10,0	3	10,83								
11	11	2	1	1	6,5	3	7,09								
12	12	2	1	1	8,0	3	7,93								
13	13	2	1	1	10,0	4	10,55								
14	14	2	1	1	8,0	4	10,20								
15	15	2	1	1	9,0	4	10,20								
16	16	2	1	1	8,0	4	6,35								
17	17	2	1	1	6,5	5	8,16								
18	18	2	1	1	5,0	5	11,68								
19	19	2	1	1	11,0	5	11,33								
20	20	2	1	1	10,0	5	6,80								
21	21	3	1	1	13,0	6	6,35								
22	22	3	1	1	12,0	6	12,75								
23	23	3	1	1	13,0	6	11,68								

Vista de datos Vista de variables

Anexo 1: Matriz de datos para análisis estadístico

Descriptivos

Peso biomasa (kg)

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Testigo (0 Kg N)	4	8,64500	2,038689	1,019345	5,40099	11,88901	6,800	11,339
20 Kg/ha N	4	8,03275	,818108	,409054	6,73096	9,33454	7,085	9,071
60 kg/ha de N	4	8,72900	1,619908	,809954	6,15137	11,30663	7,085	10,830
60 kg/ha (30 siembra, 30 V5V6)	4	9,32400	1,989364	,994682	6,15848	12,48952	6,350	10,546
120 kg/ha de N	4	9,49425	2,391643	1,195822	5,68861	13,29989	6,803	11,680
120 kg/ha (60 siembra, 60 V5V6))	4	10,30250	2,800373	1,400187	5,84648	14,75852	6,350	12,750
Total	24	9,08792	1,949867	,398015	8,26456	9,91127	6,350	12,750

Anexo 2: Análisis descriptivo de la variable biomasa

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Altura de la planta (cm)

Fecha de muestreo	Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
29/09/20 (30 días)	Modelo corregido	3314,343 ^a	8	414,293	6,692	,000
	Interceptación	354585,938	1	354585,938	5727,743	,000
	Dosis	2566,631	5	513,326	8,292	,000
	Bloques	747,713	3	249,238	4,026	,008
	Error	14300,459	231	61,907		
	Total	372200,740	240			
	Total corregido	17614,802	239			
13/10/20 (45 días)	Modelo corregido	16724,975 ^b	8	2090,622	12,464	,000
	Interceptación	1518434,508	1	1518434,508	9052,897	,000
	Dosis	10179,407	5	2035,881	12,138	,000
	Bloques	6545,568	3	2181,856	13,008	,000
	Error	38745,426	231	167,729		
	Total	1573904,910	240			
	Total corregido	55470,402	239			
10/11/20 (75 días)	Modelo corregido	4866,480 ^c	8	608,310	7,585	,000
	Interceptación	8158925,628	1	8158925,628	101735,415	,000
	Dosis	3457,940	5	691,588	8,624	,000
	Bloques	1408,539	3	469,513	5,854	,001
	Error	18525,622	231	80,197		
	Total	8182317,730	240			
	Total corregido	23392,102	239			

a. R al cuadrado = ,188 (R al cuadrado ajustada = ,160)

b. R al cuadrado = ,302 (R al cuadrado ajustada = ,277)

c. R al cuadrado = ,208 (R al cuadrado ajustada = ,181)

Anexo 3: Prueba de efectos inter- sujetos para variable altura

Descriptivos

Altura de la planta (cm)

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Testigo (0 Kg N)	280	68,499	54,4171	3,2520	62,097	74,901	7,0	190,7
20 Kg/ha N	280	65,278	54,3887	3,2503	58,880	71,677	5,0	189,0
60 kg/ha de N	280	71,976	56,0481	3,3495	65,383	78,570	6,5	193,0
60 kg/ha (30 siembra, 30 V ₅ V ₆)	280	72,341	56,1896	3,3580	65,731	78,952	7,0	201,4
120 kg/ha de N	280	73,221	58,6272	3,5036	66,324	80,118	4,0	198,8
120 kg/ha (60 siembra, 60 V ₅ V ₆)	280	77,108	59,2023	3,5380	70,143	84,072	6,5	202,4
Total	1680	71,404	56,5480	1,3796	68,698	74,110	4,0	202,4

Anexo 4: Análisis descriptivo de la variable altura



Anexo 5: Planta de maíz a los 30 dds



Anexo 6: Plantas de maíz a los 45 dds



Anexo 7: Pesaje de biomasa pasados los 75 dds



Anexo 8: Desarrollo uniforme de biomasa vegetal a los 30-45 dds



Anexo 9: Desarrollo uniforme de biomasa vegetal a los 60-75 dds