

Cultivo de maíz

Compilación de trabajos de agronomía de la UTMACH

Pérez Iglesias Hipólito Israel
Rodríguez Delgado Irán





© **Pérez Iglesias Hipólito Israel**

E-mail: hperez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

Rodríguez Delgado Irán

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

© Editorial Grupo Compás, 2025

Guayaqui, Ecuador

www.grupocompas.com

<http://repositorio.grupocompas.com>

Primera edición, 2025

ISBN: 978-9942-53-117-9

DOI: <http://doi.org/10.48190/978-9942-53-117-9>

Distribución online

 Acceso abierto

Cita

Pérez, H., Delgado, R. (2025) Cultivo de maíz. Compilación de trabajos de agronomía de la UTMACH. Editorial Grupo Compás

Este libro es parte de la colección de la Univesidad Técnica de Machala y ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad de la publicación. El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

PRESENTACIÓN

La presente compilación se realizó, con el objetivo de divulgar trabajos de titulación y artículos científicos realizados por estudiantes de la carrera de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala.

Se seleccionaron trabajos de investigación realizados en los últimos cinco años sobre el cultivo de maíz, por tratarse de un producto agrícola de alta importancia económica en Ecuador. Se utilizaron tres trabajos de titulación y tres artículos científicos, tutorados por los docentes titulares, Hipólito Israel Pérez Iglesias e Irán Rodríguez Delgado.

En la Figura 1 se puede apreciar el volumen de producción mundial, de maíz, ocupa el segundo lugar, con más de mil millones de toneladas de granos de maíz seco (FAO, 2024), lo que indica la significativa importancia de este cultivo, por su participación activa en la seguridad alimentaria de la creciente población en el planeta Tierra y por la generación de empleos directos e indirectos, tanto en el desarrollo de la cadena de producción, cosecha, postcosecha y en la transportación, almacenamiento y comercialización.

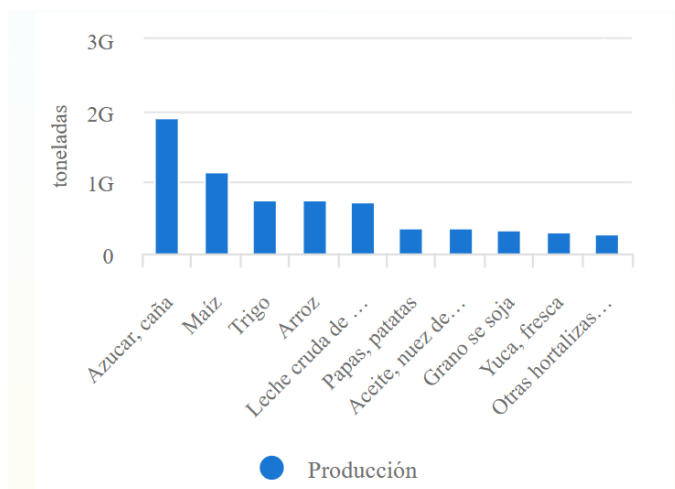


Figura 1. Producción mundial de los principales productos agrícolas en los últimos 10 años (2014-2023). Obsérvese el lugar que ocupa el maíz, sin considerar el consumo como choclo o maíz tierno. G=Gigantón. 1 G= mil millones de toneladas métricas.

Fuente. FAO (2024).

En Ecuador el maíz se cultiva en varias provincias de la región Costa, la Sierra y en la Amazonía, lo que indica la gran adaptabilidad de este cultivo a condiciones edafoclimáticas totalmente diferentes. En la alimentación de la población se consume mayormente como choclo, canguil, tamales, humitas, tostado y en harinas, tanto de maíz amarillo como blanco y además se utiliza en la producción de balanceados para la alimentación animal, principalmente en gallinas ponedoras, pollos de engorde y en cerdos.

El libro consta de cuatro capítulos: el capítulo 1 se refiere a aspectos generales del cultivo de maíz, el capítulo 2 trata sobre el comportamiento morfológico y agronómico de diferentes cultivares de maíz; el capítulo 3 se refiere a efectos de la fertilización orgánica sobre la producción de maíz seco y forraje y el capítulo 4 sobre fertilización nitrogenada. Las Figuras y las Tablas se numeraron en orden consecutivo, colocando delante el número correspondiente al capítulo.

Con el propósito de evitar duplicidades, en el primer capítulo se describen aspectos generales del cultivo como: origen, producción mundial y en Ecuador, requerimientos edafoclimáticos, taxonomía y morfología, preparación del terreno, siembra, requerimientos nutricionales y fertilización, control fitosanitario y de arvenses, riego de agua, entre otros.

En los capítulos 2, 3 y 4 se realizó una introducción detallada de los aspectos principales que se tratan, así como los objetivos y los resultados más significativos, además se mantuvo el título de cada trabajo de titulación y la respectiva estructura que consta de: materiales y métodos que incluye (localización del lugar, diseño experimental, tratamientos utilizados y otros aspectos referentes al desarrollo de la investigación, procedimiento estadístico de la información recolectada), resultados, discusión, conclusiones y referencias bibliográficas.

Este trabajo contribuye a la difusión de resultados científicos, obtenidos bajo la modalidad de experimentos de campo, utilizados para la obtención del título de ingeniero agrónomo. Está dirigido a investigadores, académicos y estudiantes. Además, es una herramienta convincente de la formación profesional, competitiva de los graduados de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, por otra parte, los resultados son inéditos, originales y demuestran los conocimientos, habilidades y competencias adquiridas, durante el cumplimiento de la malla curricular de la carrera de agronomía, en los últimos cinco años.

Los productores de maíz de la provincia El Oro y del resto del país pueden encontrar, al examinar esta compilación, aspectos interesantes, los cuales de alguna manera contribuyen a mejorar la productividad de sus sembríos de maíz.

Los autores

AGRADECIMIENTOS

Esta obra fue posible gracias a la colaboración de los estudiantes, Luis Gonzalo Loayza Borroto, Jarnette Gissella González Valdiviezo, Anabel Rivera Rentería y Bryan Vélez Naranjo, quienes aportaron con sus trabajos de titulación, los elementos esenciales para la elaboración de los capítulos 2, 3 y 4, a todos ellos nuestro más sincero agradecimiento.

Contenido

<u>PRESENTACIÓN</u>	<u>2</u>
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>5</u>
<u>CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ</u>	<u>8</u>
INTRODUCCIÓN	8
CONCLUSIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
<u>CAPÍTULO II</u>	<u>93</u>
<u>COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO Y AGRONÓMICO DE DIFERENTES CULTIVARES DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) EN LA GRANJA SANTA INÉS</u>	<u>93</u>
INTRODUCCIÓN	93
MATERIALES Y MÉTODOS	94
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	99
CONCLUSIONES	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
<u>CAPÍTULO III. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA</u>	<u>120</u>
INTRODUCCIÓN	120
MATERIALES Y MÉTODOS	121
RESULTADO Y DISCUSIÓN	125
CONCLUSIONES	149
RECOMENDACIONES	149

Cultivo de maíz. Compilación de trabajos de titulación y artículos científicos realizados por estudiantes de agronomía de la UTMACH

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ A DIFERENTES DOSIS
DE APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CANTÓN
MACHALA, EL ORO, ECUADOR** **151**

INTRODUCCIÓN	151
MATERIALES Y MÉTODOS	153
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	155
CONCLUSIONES	162
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
MATERIALES Y MÉTODOS	135
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	144
CONCLUSIONES	156
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ

Autores. Hipólito Israel Pérez Iglesias, Irán Rodríguez Delgado

INTRODUCCIÓN

Existen tres teorías relacionadas con el origen del maíz, aceptándose actualmente como originario de México. Se trata de un producto que se destaca por un alto y diverso uso y valor nutritivo, se utiliza tanto en la alimentación de las personas como de animales, por ello, presenta una alta utilidad económica; por otra parte, se ofrece información relevante de la producción mundial, regional y en Ecuador, que evidencia un incremento en la producción, situándose el continente americano con el mayor volumen equivalente a un 50 %.

También se brinda un resumen detallado de los requerimientos edafoclimáticos y la morfología de los órganos vegetativos y reproductivos del maíz, así como la importancia del conocimiento de las diferentes fases fenológicas, lo cual es fundamental para comprender la función de la planta, la expresión fenotípica esperada de acuerdo al clima y el suelo y desarrollar un manejo agronómico acorde a sus exigencias: de control de arvenses, aporque, riego de agua, monitoreo fitosanitario, fertilización y cosecha, sin que se afecte el rendimiento en grano seco de maíz.

Aspectos importantes para una producción estable y sostenida de maíz son, la nutrición y manejo de la fertilización, síntomas visuales de deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio; así como, los principales insectos plaga y enfermedades, que pueden afectar este cultivo en Ecuador y la forma más eficiente de ejercer su control y por último los sistemas de cosecha que se utilizan y el manejo del grano postcosecha, los cuales se detallan en este capítulo, lo cual consideramos puede ser de gran utilidad para las personas interesadas en profundizar sus conocimientos en el cultivo de maíz.

ORIGEN DEL MAÍZ

Mucho se ha escrito acerca del origen del maíz sin llegar a una conclusión clara y precisa, según Paliwal et al. (2001), las teorías relacionadas con el centro de origen del maíz se pueden resumir de la siguiente forma.

EXISTEN TRES TEORÍAS

- Teoría del origen asiático del maíz
- Teoría del origen andino del maíz
- Teoría del origen mexicano del maíz

Teoría del origen asiático del maíz. Esta teoría no ha tenido gran apoyo y se reconoce que el maíz es uno de los cultivos alimenticios que se originaron en el Nuevo Mundo.

Teoría del origen andino del maíz. Considera que el maíz se originó en los altos Andes de Bolivia, Ecuador y Perú. La principal justificación para esta hipótesis fue la presencia de maíz reventón en América del Sur y la amplia diversidad genética presente en los maíces andinos, especialmente en las zonas altas de Perú. Sin embargo, no se conoce ningún pariente silvestre del maíz, incluyendo *Teosinte*, en esta región de Sur América, por lo cual esta teoría fue descartada en los últimos años.

Teoría del origen mexicano del maíz. Esta teoría parece ser la más acertada, porque desde épocas muy antiguas el maíz y el teosinte han coexistido y ambas especies presentan una diversidad muy amplia. Más reciente el hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas en zonas arqueológicas apoya seriamente la posición de que el maíz se originó en México. Esta teoría del origen del maíz es más aceptada porque existe consenso de que el teosinte es el antecesor silvestre y/o pariente muy cercano al maíz que ha participado directamente en el origen del maíz cultivado.

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie de la familia de las Poáceas, anual, originaria y domesticado por los pueblos indígenas en el centro de México, desde hace unos 10 000 años, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel

mundial, superando incluso al trigo y al arroz. Es un alimento ancestral de la región mesoamericana: existen registros de su existencia desde el año 7 000 a. C. A nivel mundial es el tercer cereal de mayor importancia en la nutrición humana. El maíz y el trigo constituyen la fuente del 40 % de los alimentos del mundo y cerca de 25 % de las calorías que se consumen en los países en vías de desarrollo.

USOS E IMPORTANCIA

Además de la nutrición humana, es muy utilizado en la alimentación de animales, como forraje verde, el grano seco directo en alimentación de equinos, cerdos, gallinas ponedoras y pollos de engordes, en harinas y balanceados, tiene uso industrial en la producción de aceite comestible de alta calidad y en la producción de alcohol para uso farmacéutico y como biocombustible, también se usa el pelo de la mazorca como medicinal por sus propiedades diuréticas. Los residuos de cosecha se pueden incorporar al suelo como materia orgánica y del tallo se fabrican carteras, sombreros, cestas entre otros productos artesanales.

RESUMEN DE LOS USOS

- Alimento para las personas (variadas formas).
- Alimento animal (grano, hojas y rastrojos).
- Producción de aceite comestible.
- Producción de etanol
- Producción de biodiesel
- Medicinal
- Incorpora materia orgánica al suelo
- Artesanía (sombreros carteras).

VALOR NUTRITIVO

El maíz es rico en hidratos de carbono, proteínas, fibra, grasas, betacarotenos y vitaminas del grupo B (B₁, B₃ y B₉), nutrimentos que, en conjunto, lo convierten en un alimento que aporta energía, favorece la digestión y que tiene propiedades antioxidantes. El grano de maíz contiene un 72-73 % de almidón, siendo este carbohidrato la mayor fuente de

alimento y de calorías que aporta (Arango, 2018).

En Europa el principal alimento es el trigo y la papa, en Asia el arroz, en América el maíz y en África el maíz junto con la yuca constituye la principal fuente de alimento.

Para los habitantes de las zonas rurales de América Latina, el maíz es la principal fuente de alimentación junto con el fréjol.

PRODUCCIÓN MUNDIAL

Como se puede apreciar en la Figura 1.1, en los últimos 10 años (2014-2023), la producción de maíz a nivel mundial, se ha incrementado considerablemente, con valores que van de algo más de mil millones de toneladas a cerca de mil trescientos millones de toneladas, esta producción guarda una estrecha relación con la cantidad de hectáreas cosechadas (FAO, 2024).

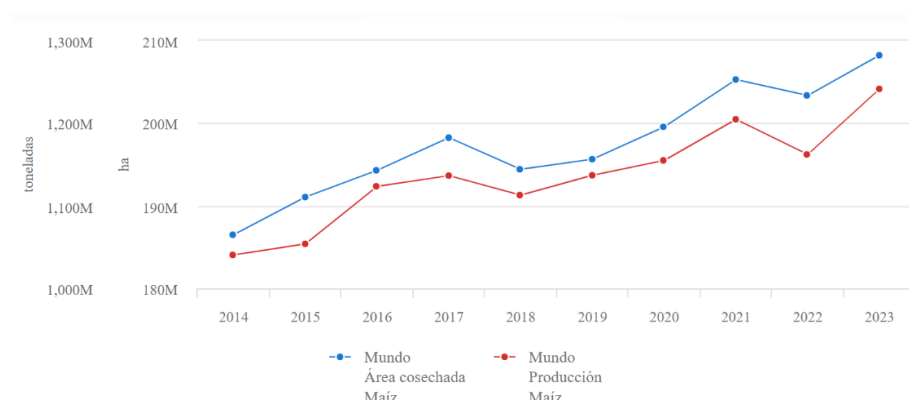


Figura 1.1. Área cosechada y producción de maíz a nivel mundial en los últimos 10 años (2014-2023). Se observa una tendencia lógica, porque a medida que se incrementa el área cosechada, se incrementa la cantidad de toneladas de maíz, como grano seco producido.

Fuente: FAO (2024).

PRODUCCIÓN MUNDIAL POR REGIONES

El continente americano es el primer productor de maíz con un 50%; Asia ocupa el segundo lugar con un 31,7%; Europa el tercer puesto con un 10,6% y África un 7,6%. Figura 1.2 (FAO, 2024). Este reporte de la FAO es una evidencia fehaciente de que el maíz, es un producto agrícola de mucha importancia

para el continente americano, por su volumen de producción, con relación al resto del mundo y por su uso tanto para la alimentación humana como para la alimentación animal.

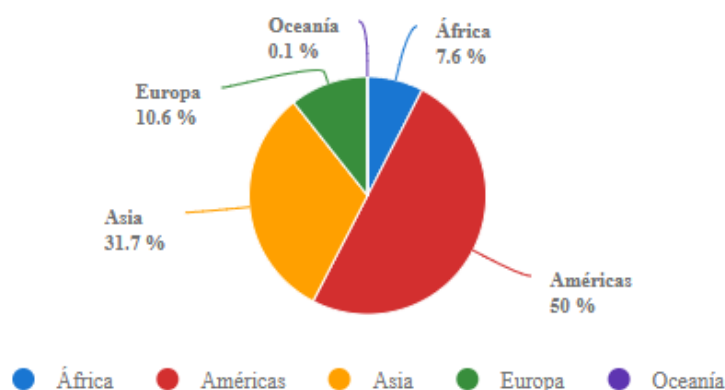


Figura 1.2. Producción de maíz a nivel mundial por regiones en los últimos 10 años (2014-2023).
Fuente. FAO (2024).

Principales países productores

Como se muestra en la Figura 1.3, Estados Unidos de América, China, Brasil y Argentina son los países que mayor volumen de producción de maíz alcanzan (FAO, 2024).

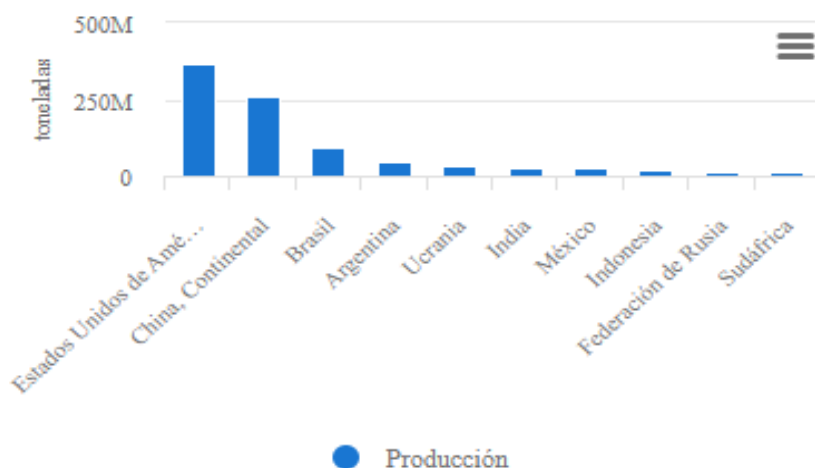


Figura 1.3. Principales países productores de maíz en los últimos 10 años (2014-2023).
Fuente. FAO (2024).

Anualmente la producción mundial de maíz sobre pasa los 1 200 millones de toneladas en grano seco que se cultiva en una superficie de algo más 200 millones de hectáreas, con una producción promedio de 5,2 t/ha. Sin considerar el consumo de maíz verde o choclo y la producción de forraje (FAO, 2024).

ZONAS DE PRODUCCIÓN

Actualmente el maíz se siembra en todos los países de América Latina. Constituye un alimento fundamental en toda América.

La productividad del maíz latinoamericano es, sin embargo, bastante inferior a la de los Estados Unidos, lo cual está fundamentado en las características ecológicas y, sobre todo, climáticas, que diferencian las dos zonas de producción y a la tecnología utilizada en el manejo agronómico de las plantaciones.

PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN ECUADOR

La producción de maíz en el país, como se puede apreciar en la Figura 1.5, durante el período 2016-2023, salvo en el año 2020, ha mantenido un incremento discreto sostenido en aumento, con una producción de más de mil ochocientos millones de toneladas (Ibarra et al., 2023).

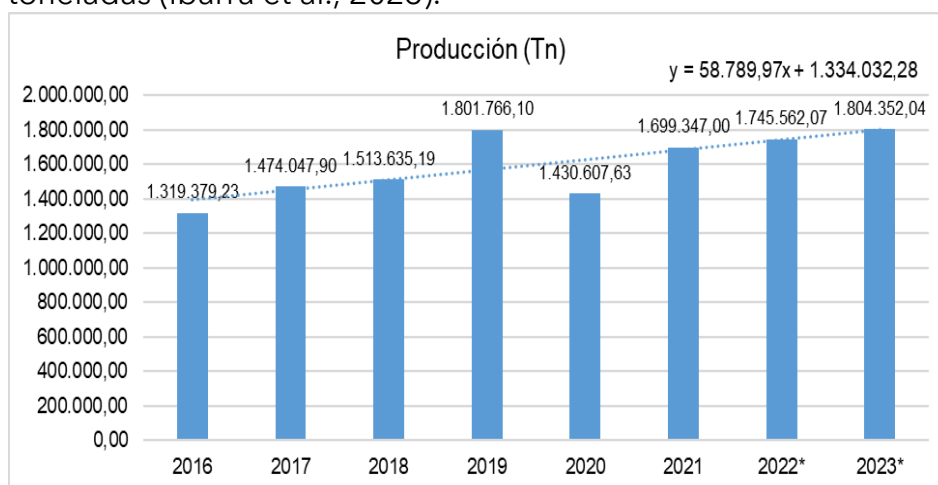


Figura 1.5. Producción de maíz duro en Ecuador durante el período 2016-2023.

Fuente: Ibarra et al. (2023).

De la producción nacional de maíz, se sabe que existen profundas diferencias entre los dos tipos utilizados de maíz en el país: maíz duro y maíz suave. El maíz duro-seco se utiliza principalmente para uso industrial y es esta precisamente la razón que justifica la expansión tanto en superficie cultivada como en producción y rendimiento. Este producto tiene una amplia demanda por parte de la agroindustria, destinada principalmente a la producción avícola y de alimentos balanceados; mientras el maíz suave se destina fundamentalmente al consumo alimenticio familiar (Bravo, 2005). Cada ecuatoriano consume unos 14,5 kilogramos de maíz al año en diferentes formas (choclo, tostado, harinas, mote, canguil, humitas, tamales, bebidas, chicha y otras formas) (Zambrano et al., 2021).

ZONAS PRODUCTORAS EN ECUADOR

El maíz se siembra en las 24 provincias del país, en mayor o menor proporción para consumo familiar y comercializar. Las provincias líderes en la producción de maíz, duro y suave, en el año 2023 fueron: Los Ríos con 837 440 t cosechadas en 126 419 ha; Manabí 489 724 t en 86 529 ha; Guayas 284 864 t en 51 586 ha; Loja 142 588 t en 35 671 ha y Santa Elena con 25 423 t de maíz cosechadas en 5 463 ha ocupa el quinto lugar (MAG, 2023).

Los datos mencionados anteriormente arrojan un rendimiento promedio de 5,29 t/ha; siendo la provincia de Los Ríos la que presenta el mayor rendimiento agrícola, con un valor de 6,62 t/ha y Loja la que muestra el menor valor con 4,0 t/ha. Sin embargo, en el año 2010 el rendimiento medio fue de 3 t/ha y de 6,60 t/ha en el 2019 (MAG, 2019) esto significa una mejora sustancial en la producción de maíz en el país.

SUPERFICIE DE MAÍZ EN ECUADOR

La cantidad de hectáreas sembradas de maíz en Ecuador ha mantenido, independientemente de algunas disminuciones, un incremento discreto, desde el año 2016 hasta el 2023, como se muestra en la Figura 1.4, para el a 2023 se pronosticó un total de unas 300 mil ha. (Ibarra et al., 2023).

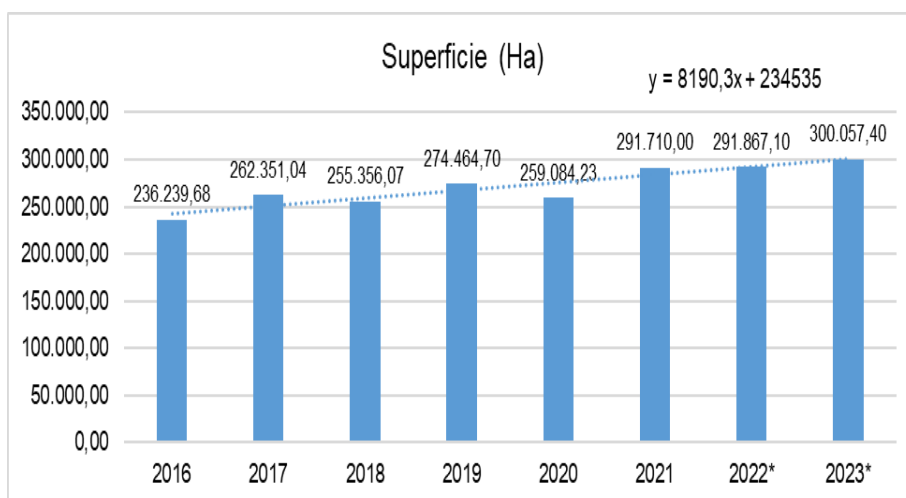


Figura 1.4. Superficie de maíz duro en Ecuador durante el período 2016-2023.

Fuente. Ibarra et al. (2023).

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

El maíz es una planta dotada de una amplia capacidad de respuesta a las oportunidades que ofrece el ambiente, y tiene alto nivel de respuesta a los efectos de la luz.

AMBIENTES

Debido a su gran adaptabilidad a diferentes ambientes, el maíz se cultiva en una diversidad considerable de suelos y climas. Maíz de ambiente tropical. Se cultiva a los 30° norte y 30° sur. Maíz de ambiente subtropical. Se cultiva entre los 30° y 34° norte y sur. En tierras tropicales bajas, el maíz se cultiva todo el año si la humedad no es un factor limitante (Yáñez, et al., 2013).

SUELO

El maíz se adapta muy bien a todos los tipos de suelo, pero en suelos de textura franca, franco-arcilloso y franco-limoso, con pH de 6,5 a 7,5 es donde se aprecia el mejor desarrollo. Requieren además suelos profundos, ricos en materia orgánica con buen drenaje para impedir el encharque que provoca la muerte de las plantas por asfixia, falta de oxígeno en las raíces (Yáñez et al., 2013).

CLIMA

El maíz requiere una temperatura entre 15 y 30 °C, no obstante, es capaz de soportar temperaturas mínimas de 8 °C y máximas superiores a los 30 °C, siendo la temperatura ideal para el desarrollo del cultivo en las tierras bajas y de mediana altitud entre 30 y 34°C (Ellis et al., 1992). Por otra parte, el maíz suave se cultiva entre los 2 200 a 3 100 msnm, en un clima templado frío y subcálido a una temperatura de 10 a 20 °C. Sin embargo, es importante que la temperatura para la germinación de la semilla esté entre los 15 a 20 °C. Además, el maíz requiere un porcentaje de humedad relativa del aire entre 80-90 %, una pluviosidad desde los 700 hasta 1 300 mm de precipitación anuales, aunque cada etapa fenológica tiene un requerimiento en particular (Yáñez, et al., 2013).

En la Tabla 1.1 se puede apreciar el requerimiento térmico del cultivo del maíz según el ciclo fenológico en que se encuentre (Manual agropecuario, 2001).

Tabla 1.1. Requerimiento térmico según el ciclo fenológico del maíz.

Proceso fisiológico	Temperatura del aire (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación de la semilla	10	20-25	40
Crecimiento vegetal	15	20-30	40
Floración	20	21-30	30

El maíz se siembra en ambos hemisferios. En el hemisferio sur la época de siembra abarca desde septiembre hasta enero y se cosecha entre marzo y agosto, esto depende del periodo de lluvias y el momento en que comienza las heladas de cada región. En el hemisferio norte se siembra en abril, mayo y se cosecha en septiembre u octubre.

TAXONOMÍA

En la Tabla 1.2 se presenta la clasificación taxonómica del maíz.
Tabla 1.2. Clasificación taxonómica del maíz.

Reino	Plantae	Subfamilia	Panicoidae
Orden	Poales	Género	Zea
Familia	Poáceae	Nombre científico	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: Vela (2021).

El nombre científico del maíz es de origen indio caribeño, significa literalmente “lo que sustenta la vida” (FAO, 1993).

MORFOLOGÍA

Morfológicamente la planta de maíz está constituida por órganos vegetativos y reproductivos.

ÓRGANOS VEGETATIVOS.

- Raíz.
- Tallo.
- Hojas.

ÓRGANOS REPRODUCTIVOS

- Flores.
- Fruto (mazorca, semillas o granos).

ÓRGANOS VEGETATIVOS

Raíz. El sistema radical está compuesto por dos tipos de raíces, una raíz primaria, que tiene origen en la radícula (Figura 1.6) y un sistema de raíces adventicias o de anclaje que emergen a nivel de la corona del tallo y que se entrelazan fuertemente por debajo de la superficie del suelo.

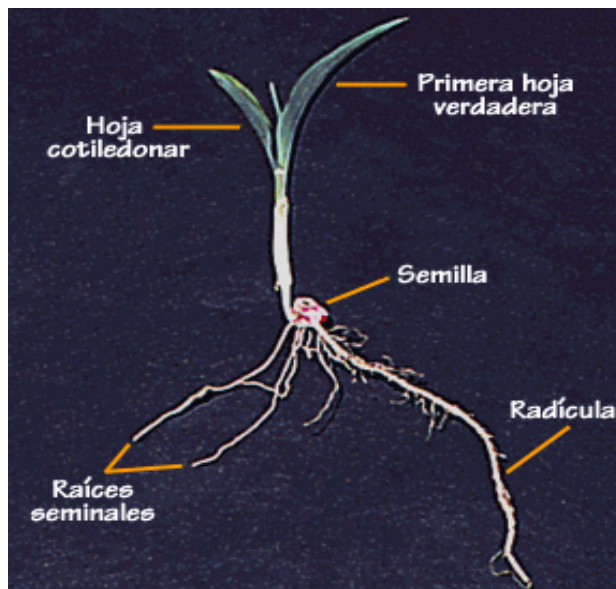


Figura 1.6. Plántula de maíz con su sistema primario de raíces, compuesto por la radícula y las raíces seminales.

Fuente: Faiguenbaum (1990).

Las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo. Esto ocurre por lo general a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad a que fue colocada la semilla. Un grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a entre siete y diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo. Estas raíces adventicias se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces seminales mencionado antes puede continuar activo durante toda la vida de la planta, pero sus funciones son insignificantes. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta y además son las encargadas de absorber agua y nutrimentos (Paliwal et al., 2001) (Figura 1.7).

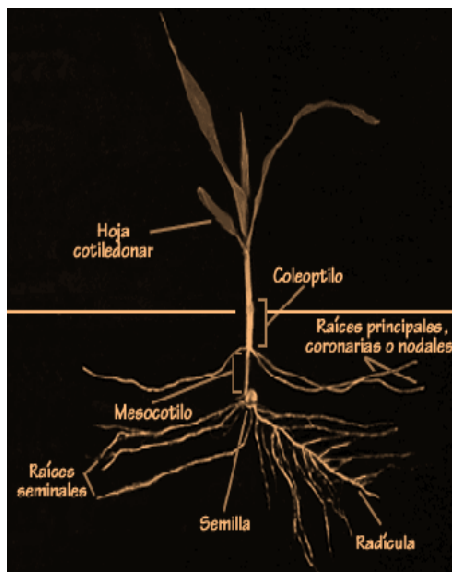


Figura 1.7. Planta de maíz iniciando el desarrollo de las raíces adventicias, principales, coronarias o nodales, lo cual ocurre cuando comienza a desplegar su tercera hoja verdadera.

Fuente: Faiguenbaum (1990).

El sistema de raíces adventicias cuya función principal es el anclaje de la planta e impedir el acame también colabora en la absorción de agua y nutrientes. Se desarrollan por encima de la superficie del suelo (Feldman, 1994) (Figura 1.8).

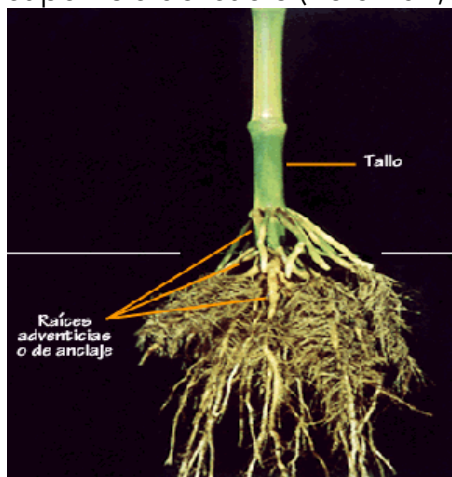


Figura 1.8. Sistema de raíces adventicias o de anclaje, las cuales se desarrollan por encima de la superficie del suelo.

Fuente: Faiguenbaum (1990).

El desarrollo del sistema radical del maíz puede alcanzar hasta 2,00 m de longitud y está en dependencia de dos factores: humedad y condiciones del suelo, el cual debe ser profundo, de buen drenaje, textura franca, en suelos compactados las raíces son más superficiales (Faiguenbaum, 1990).

Tallo. El tallo del maíz es cilíndrico, erecto, en forma de caña, está compuesto por nudos y entrenudos donde se insertan las vainas de las hojas en posición alterna. Es el eje central del sostén de la planta (Figura 1.9). Está constituido por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares y agua (Esau, 1977).



Figura 1.9. Planta de maíz mostrando su tallo erecto, las hojas insertadas de forma alterna y las inflorescencias femeninas y masculinas.

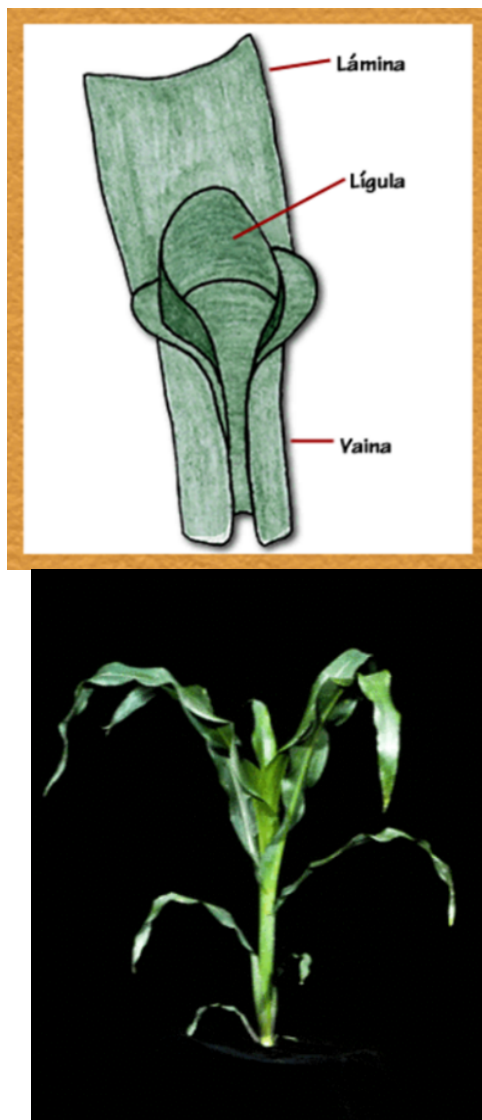
Fuente: Faiguenbaum (1990).

En la Figura 1.10 se puede observar el tallo, los entrenudos y nudos que lo forman, las hojas, la vaina abrazando el tallo y la inflorescencia femenina espigas o mazorcas.



Figura 1.10. Tallo del maíz, hojas e inflorescencia femenina.
Fuente: Faiguenbaum (1990).

Hojas. Las hojas son largas, lanceoladas, paralelinervias, con un nervio central y presencia de vellosidad en el haz, bordes afilados y cortantes. Están compuestas por vaina y limbo, por la parte interior en la unión del limbo y la vaina se encuentra una membrana llamada lígula (Figura 1.11). La vaina abraza al tallo, siendo más ancha en la parte inferior y se inserta de forma alterna una en cada nudo. El tamaño y número de hojas es variable, está en dependencia del cultivar, las condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico del cultivo (Guacho, 2014).



A

B

Figura 1.11. A. Partes que componen una hoja de maíz. B. Planta de maíz mostrando la disposición y ubicación de las hojas en el tallo.

Fuente: Faiguenbaum (1990).

ÓRGANOS REPRODUCTIVOS

Hábitos de floración

Es una planta monoica de flores unisexuales; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran bien diferenciadas en la misma planta.

Inflorescencia masculina

La inflorescencia masculina es terminal y se le conoce como panícula, panoja o espiga. Generalmente, 2 a 3 días antes de comenzar la liberación del polen, se elongan los internudos de la parte alta del tallo impulsando a la panoja, la cual queda completamente desplegada; la planta, en ese momento, alcanza su altura definitiva (Figura 1.12). La panoja es una estructura ramificada que está formada por una espiga central (Paliwal et al., 2001).



Figura 1.12. Inflorescencia masculina del maíz en forma de espiga o panoja.

Fuente: Faiguenbaum (1990).

El número de ramificaciones laterales varía considerablemente y una espiga puede llegar a tener hasta 30 o 40 espiguillas, en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen (Figura 1.13).

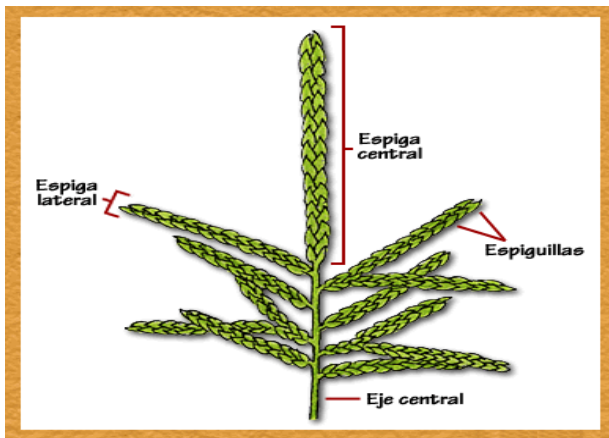


Figura 1.13. Panoja o espiga del maíz y sus estructuras.
Fuente: Faiguenbaum (1990).

Inflorescencia femenina.

La inflorescencia femenina o mazorca, se localizan en las yemas axilares de las hojas; son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote (tusa) donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen.

Los estilos forman un penacho en el ápice de la mazorca con apariencia de cabellos que se ha denominado "barba de la mazorca" de coloración amarilla pálida antes de la fecundación y rojizo cuando es fecundada (Figura 1.14).



Figura 1.14. Inflorescencia femenina del maíz. A. El color amarillo pálido de los estilos indica que todavía no se ha efectuado la fecundación. B Mazorca fecundada.
Fuente. Faiguenbaum (1990).

Fruto o mazorca. La mazorca es el fruto compuesto del maíz que alberga los granos o semillas que es en realidad es el fruto. Cada grano o semilla es un ovulo fecundado y maduro, en forma de cariósipide

Está constituido por:

1. La mazorca constituida por filas de granos, que es la parte comestible de la planta, cuyo número puede variar.
2. La tusa donde se insertan los granos.
3. La paja u hoja que cubre el fruto (Figura 1.15).



Figura 1.15. Fruto del maíz. Mazorca (fruto compuesto), granos (frutos o semillas).

Fuente: Del Maíz (2025).

La semilla de maíz está contenida dentro de un fruto denominado cariósipide. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide (Paliwal et al., 2001). La capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que se sitúa por sobre la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endospermo y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleóptilo y el cotiledón (Figura 1.16).

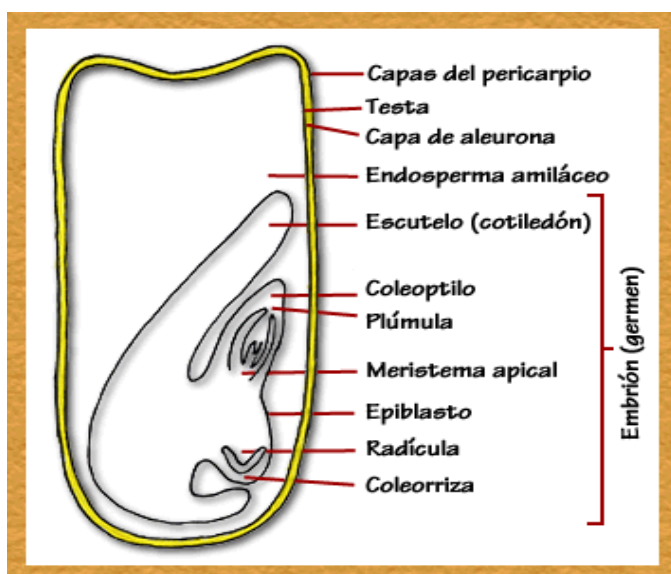


Figura 1.16. Partes de un grano de maíz
Fuente: Faiguenbaum (1990).

FENOLOGÍA

La fenología agrícola es una disciplina que estudia las fases del desarrollo por las que atraviesa un cultivo, basándose en cambios morfológicos y fisiológicos de las plantas, a medida que transcurre su ciclo de vida.

La profundización del estudio de las fases fenológicas que transcurren a través del ciclo ontogénico del maíz permite conocer los componentes del rendimiento que quedan fijados en cada una de ellas y analizar los factores ambientales que controlan la duración de dichas fases. De ahí la importancia de su estudio.

A continuación, se describe las fases fenológicas del cultivo del maíz según (Garay y Cruz 2015).

Las observaciones fenológicas son importantes ya que determinan los requerimientos bioclimáticos de los cultivos, organizan calendarios agrícolas, ubican zonas óptimas para los cultivos y generan herramientas para una óptima planificación de las actividades del sector agrícola. La identificación, la observación y el conocimiento general de las fenofases de los cultivos son fundamentales para comprender la función de la planta, la expresión fenotípica esperada de acuerdo al clima y el

suelo, los requisitos nutricionales e higiénicos para el funcionamiento y la producción normales.

La escala fenológica más utilizada para describir el ciclo de un cultivo de maíz es la propuesta por Ritchie & Hanway (1982), que utiliza caracteres morfológicos externos o macroscópicos.

En ella se identifican dos grandes periodos: el vegetativo, subdividido en estadios identificados con la letra V y un subíndice, correspondiente al orden de la última hoja completamente extendida al momento de la observación.

V_E: emergencia, V₁, V₂, V_n y V_T o panojamiento), y el reproductivo, identificado con la letra R y un subíndice que comienza en R₁ (emergencia de los estigmas), R₂ (cuaje o estado de ampolla), R₃ (grano lechoso), R₄ (grano pastoso), R₅ (grano duro o indentado) y R₆ (madurez fisiológica). Desde los estadios R₃ hasta R₅, inclusive, corresponde al llenado de los granos (Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Estados fenológicos del maíz de acuerdo a la Escala de Ritchie & Hanway (1982).

Estados vegetativos	Estados reproductivos
V _E . Emergencia	R ₁ . Emergencia de estigma
V ₁ . 1ra hoja	R ₂ . Cuaje
V ₂ . 2da hoja	R ₃ . Grano lechoso
.....	R ₄ . Grano pastoso
V _n . N hoja	R ₅ . Grano dentado
V _T . Panojamiento	R ₆ . Madurez fisiológica

Fuente: Garay y Cruz (2015).

La planta de maíz es de crecimiento determinado, marcando el inicio de la floración la finalización del crecimiento vegetativo, no obstante, ello, la diferenciación de las estructuras reproductivas comienza en las etapas tempranas del desarrollo del cultivo, a partir de V₄-V₆.

Los primeros 4-5 entrenudos no presentan elongación y comienzan a aparecer las raíces nodales que van reemplazando a las raíces seminales. La elongación de los entrenudos comienza a partir de V₆ continuando hasta la aparición de los estigmas (R₁), momento en el cual queda determinada la altura

máxima de la planta y el área foliar máxima (todas las hojas ya se han desplegado completamente).

Cuando las plantas tienen entre 4 y 6 hojas completamente expandidas, el meristemo apical finaliza con la diferenciación de hojas ya comienza a diferenciar las espiguillas estaminadas de la futura panoja. En ese momento queda determinado el número total de hojas que tendrá la planta, y por lo tanto el área foliar potencial que podrá alcanzar. Luego de iniciada la panoja, comienza la diferenciación de los primordios foliares de la yema axilar que dará origen a la espiga. La primera de ellas que sufre este cambio es la yema superior, generalmente ubicada entre la quinta y séptima hoja por debajo de la panoja. Las hojas superiores, ubicadas por encima de la yema de la espiga superior no presentan yemas axilares visibles (Figura 1.17).

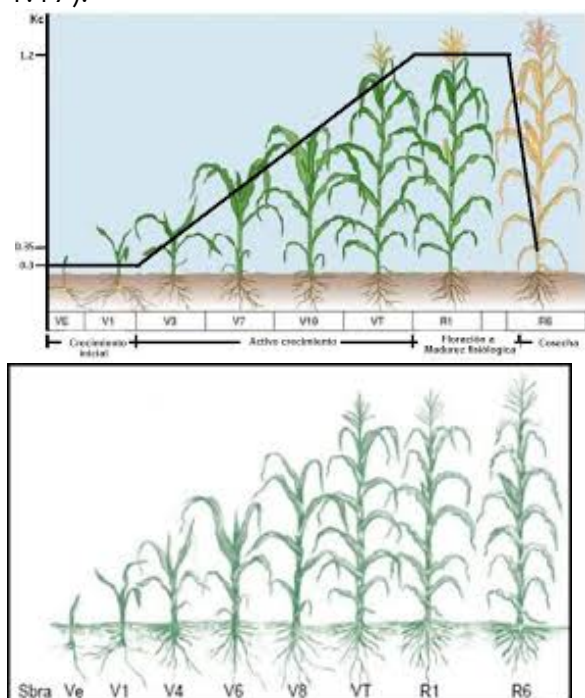


Figura 1.17. Esquema que representa las fases fisiológicas del maíz.

Fuente: Garay y Cruz (2015).

En la Tabla 1.4 se presenta un resumen de las etapas de crecimiento del maíz, la cual se ha elaborado para facilitar, la

compresión del tiempo y lo que ocurre en cada etapa fenológica del maíz.

Tabla 1.4. Resumen de las etapas de crecimiento del maíz.

Etapas	Días	Características
V _E	5	Germinación de la semilla y emergencia de plantas
V ₁	9	Es visible el cuello de la primera hoja
V ₂	12	Es visible el cuello de la segunda hoja
V _n		Es visible el cuello de la hoja número "n"
V _T	55	Es completamente visible la última rama de la panícula
R ₀	57	Floración masculina. El polen comienza a expandirse.
R ₁	59	Son visibles los estigmas
R ₂	71	Etapas de ampolla. Se distingue un líquido claro en los granos
R ₃	80	Etapas lechosas. Los granos se llenan de un líquido lechoso blanco
R ₄	90	Etapas pastosas. Los granos se llenan de una pasta blanca
R ₅	102	Etapas dentadas. Si el genotipo es dentado los granos adquieren la forma dentada
R ₆	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es alrededor del 35 %

Fuente. Garay y Cruz (2015).

El dominio o conocimiento de estas fases fenológicas o fisiológicas es de vital importancia para el productor o el agrónomo para realizar un manejo agronómico del cultivo acorde con lo que la planta de maíz requiere en cada fase de desarrollo y alcanzar rendimientos altos y sostenidos.

PREPARACIÓN DE SUELO

Los objetivos que persigue la preparación de suelos para la siembra se centran en: crear las condiciones adecuadas para depositar las semillas, controlar arvenses y romper el ciclo biológico de patógenos e insectos-plagas que habitan en el suelo.

La labranza puede ser definida como la manipulación química, física o biológica de los suelos para optimizar la germinación, la emergencia de las plántulas y el establecimiento del cultivo. (Paliwal et al., 2001).

Un hoyo hecho con un palo puntiagudo o el corte hecho por el disco de una sembradora de maíz, son más que suficientes para preparar la cama para recibir semillas. El movimiento de más de 7 000 toneladas de suelo/ha durante la preparación de la tierra no pueden ser justificadas por el solo hecho de proporcionar un lugar para depositar las semillas de maíz; por lo que en el cultivo del maíz la preparación del suelo está sujeta a las condiciones del lugar y las características del propio suelo (Paliwal et al., 2001).

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PREPARACIÓN DE SUELOS

Los suelos y el clima son los dos factores que ayudan a identificar los sistemas de labranza más apropiados para una determinada situación. Como la mayor parte de las áreas cultivadas en los trópicos son frágiles, es decir presentan problemas de drenaje, compactación, degradación estructural, son susceptibles a la erosión y pérdida de materia orgánica por encontrarse en zonas de ladera o el momento para realizar las labores no es el más apropiado por las precipitaciones, será necesario aplicar algún sistema de labranza conservacionista como una alternativa viable para que no pierdan su potencial productivo (Garay y Cruz, 2015).

ÉPOCA DE SIEMBRA

El maíz se puede sembrar durante todo el año, siempre que se garantice las condiciones de humedad en el suelo en los períodos críticos (germinación de la semilla, emergencia de las

plántulas, crecimiento vegetativo, floración, formación y llenado del grano), que requieren mayor humedad.

De no existir garantías de riego se debe sembrar al inicio del periodo lluvioso. La elección de la fecha de siembra es una de las prácticas agronómicas de manejo que mayor impacto tienen en la expresión del rendimiento, a diferencia de otras (fertilización, control de arvenses o plagas, elección del híbrido) no implican cambios en los costos de producción.

La época de siembra determina el ambiente fototermal que cada híbrido explorara durante su ciclo, los máximos coeficientes fototermales se logran en los meses de mayor temperatura. La fecha de siembra nos permitirá hacer coincidir el momento crítico del maíz (V_{13} - R_3) con las mejores condiciones de radiación y temperatura, en plantaciones bajo riego.

Cuando se trate de cultivos conducidos en secano, la estrategia de manejo consistirá en hacer coincidir el momento crítico de la determinación del rendimiento con las probabilidades más bajas de ocurrencia de un estrés hídrico (Garay y Cruz, 2015).

SISTEMAS DE SIEMBRA MÁS UTILIZADOS

La siembra de maíz se puede realizar de dos formas: mecanizada y manual. El sistema de siembra del maíz está muy relacionado a las condiciones que presenta el suelo, principalmente en cuanto a la topografía. En suelos de topografía plana o casi plana se puede realizar la siembra con máquinas sembradoras, sobre todo si se trata de superficies mayores de una ha.

SIEMBRA MECANIZADA

La siembra mecanizada de maíz se realiza con éxito en varios países, como Estados Unidos de América, Brasil, Argentina entre otros, existen varios tipos de máquinas sembradoras que hacen la función de abrir el surco, depositar el fertilizante, colocar las semillas y tapar los granos de maíz, como se puede apreciar en la Figura 1.18 (González et al., 2013).



Figura 1.18. Sembradora de maíz marca Regina, en plena labor de siembra. Nótese las características del terreno.
Fuente. González et al. (2013).

Estas máquinas son equipos diseñados para distribuir las semillas de manera uniforme y a la profundidad correcta. Estos equipos aumentan la eficiencia y son ideales para grandes extensiones de terreno.

SIEMBRA MANUAL

Siembra del maíz de forma manual, abriendo los surcos con un arado de tracción animal, si se trata de áreas de laderas se puede sembrar manualmente abriendo los hoyos con un palo plantador puntiagudo, en ambos casos se depositan tres semillas por sitio, a la profundidad de 5-10 cm en función de la clase textural del suelo y se tapan con una capa de tierra nunca mayor 5 cm. Después de la emergencia se realiza un raleo dejando solo las dos plantas más vigorosas en cada sitio (Manual Agropecuario, 2001).

DISTANCIA DE SIEMBRA

La distancia de siembra estará en función de las condiciones edafoclimáticas, de la época de siembra y de los híbridos que se utilicen. El cultivo de maíz es altamente denso-dependiente,

es decir, no puede compensar el menor número de plantas con mayor producción por planta. Esto se debe en general, a que el maíz no macolla, es poco prolífico y presenta reducida capacidad de compensar un bajo número de granos (principal componente del rendimiento) con mayor peso individual de los mismos.

En densidades superiores a la óptima, cada planta dispone de menos recursos, lo que ocasiona disminución del rendimiento por la competencia entre plantas. Por lo tanto, la densidad óptima varía marcadamente en función de la oferta ambiental y del genotipo. Cuando el número de plantas es superior a la densidad óptima, el rendimiento se reduce debido a una caída en el número de granos/ha y en el peso de los granos (Garay y Cruz, 2015). La distancia entre surcos debe ser de 0,8 m, con 2 semillas cada 0,5 m entre plantas, necesitando entre 25 a 30 kg de semilla/ha (INFOAGRO, 2012).

La semilla debe ser de calidad para garantizar una óptima producción. Aunque la densidad de siembra dependerá del clima y las variedades.

La profundidad de siembra está en función a la textura del suelo, llegando hasta 10 cm en suelos arenosos, 7 cm en suelos arcillosos, si los suelos son húmedos la profundidad de siembra debe ser de 5 cm. Cuando se realiza la siembra asociada a un tipo de frijol, sistema de plantación muy utilizado en la región Andina de Ecuador y de gran utilidad por que el frijol aporta nitrógeno al suelo por fijación biológica, se depositan tres semillas de maíz y dos de frijol distanciados a 0,80 m entre surcos y 0,80 m entre sitios (Manual agropecuario, 2001).

DENSIDAD POBLACIONAL

En un experimento realizado por Martínez et al. (2015) con dos densidades de plantación (55 000 y 65 000 plantas/ha, el rendimiento obtenido en la densidad de 55 000 plantas/ha, fue superior a las 65 000 plantas/ha, porque lograron fijar y llenar una mayor cantidad de granos (principal componente del rendimiento). En la densidad más alta, los recursos por planta (agua y nutrientes) fueron menores, acentuándose la competencia entre plantas. El mayor peso del grano (PG) obtenido en la densidad más alta, no logró compensar la caída

en el número de granos (NG) por unidad de superficie, lo que evidencia la baja capacidad compensatoria del maíz cuando el principal componente del rendimiento se ve afectado.

Por lo antes expuesto se deduce que el cultivo de maíz es muy sensible a la densidad de plantas, en consecuencia, esta debe ser seleccionada con el objetivo de maximizar la producción teniendo en cuenta cada situación en particular. Cuanto mayor es la disponibilidad de recursos y el nivel tecnológico de producción utilizado, mayor será la densidad óptima del cultivo (Garay y Cruz. 2015).

MANEJO AGRONÓMICO

Control de arvenses

Una maleza (arvenses es el nombre técnico) es cualquier planta que constituye un peligro, molestia o causa daños al hombre, animales o, en este caso, al cultivo de maíz.

El desarrollo del cultivo de maíz en los primeros 35-40 días es crítico, por lo que se debe asegurar que crezca libre de la competencia de arvenses, ya que estas además de competir, por agua, luz, nutrientes y espacio vital son hospederas de enfermedades y de insectos plaga (Villavicencio y Zambrano, 2014). Se estima que éstas son causantes del 10 al 85 % de la reducción en su rendimiento. Es importante distinguir entre arvenses de hojas anchas y de hoja angosta (gramíneas y ciperáceas), ya que difieren en su reacción a herbicidas y métodos de control.

La máxima competencia de arvenses anuales con predominio de gramíneas, se produce entre la sexta y octava hoja del maíz. En consecuencia, las arvenses que compitan más allá de la sexta hoja producirían daños irreversibles al cultivo que pueden llegar hasta el 50 % de disminución del rendimiento. En el caso de alta competencia de arvenses perennes como *Cynodon dactylon* (L.) Pers., 1805, *Cyperus rotundus* L. y *Sorghum halepense* (L.) Pers., la disminución del rendimiento puede alcanzar valores del 80-90 % (Garay et al., 2015).

Método cultural

El método de control de arvenses cultural incluye las prácticas siguientes:

- Rotación de cultivos.
- Labranza (preparación de suelo).
- Arado con tracción animal (Aporte).
- Mecanizado. Cultivadoras acopladas a un tractor.
- Utilización de semilla certificada, libre de semilla de arvenses.
- Manual mediante escardillas.
- Aporque manual.

El control de arvenses en el cultivo del maíz mediante el uso herbicidas.

Se realiza de dos formas:

1. Pre-emergente. Antes que las arvenses broten.
2. Post-emergente. Después que las arvenses brotaron

Los herbicidas deben aplicarse en preemergencia sobre suelo húmedo, es decir antes que las arvenses broten. Si existe una alta presencia de arvenses se recomienda aplicar herbicidas selectivos postemergentes como Atrazina (Gesaprin, Atrapac), en dosis no mayor a 2 kg/ha. (INFOAGRO, 2012).

Aporque

La realización de esta labor es de suma importancia para el buen desarrollo del cultivo, consiste en la operación combinada de: controlar arvenses, colocar suelo en la parte inferior del tallo, alrededor de la planta, con el objetivo de ayudar al sostén, conservar la humedad y estructurar el suelo. Durante el aporque se puede colocar el fertilizante nitrogenado (urea) enterrado, ya que esta labor se realiza 45 días después de la siembra. Se puede realizar con cultivador acoplado a un tractor de mediana potencia, con arado tirado por bueyes y de forma manual con azadón (Yáñez et al., 2013).

Riego de agua

El maíz es un cultivo que requiere durante su ciclo que el suelo se mantenga adecuadamente húmedo, es decir, sin escasez ni exceso de agua. La frecuencia de riegos varía a lo largo del cultivo así: en el momento de la germinación de la semilla y emergencia de plántulas se requiere menos cantidad de agua, pero mantener una humedad constante (Yáñez et al., 2013).

La fase de crecimiento de la planta es la etapa en la que la cantidad de agua no debe faltar, se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. La fase de floración es el período más crítico en el crecimiento de la planta porque de esta fase depende el cuajado (formación y llenado de granos) y la cantidad de producción obtenida. (Yáñez et al., 2013). Por esta razón, se aconsejan riegos constantes que mantengan el suelo húmedo.

En la Figura 1.19, se presenta un esquema donde se puede apreciar que el momento más crítico, que el maíz necesita mayor cantidad de humedad en el suelo es al inicio del período de floración; si la humedad es deficitaria en esta fase, se afecta severamente el rendimiento agrícola (Yáñez et al., 2013).

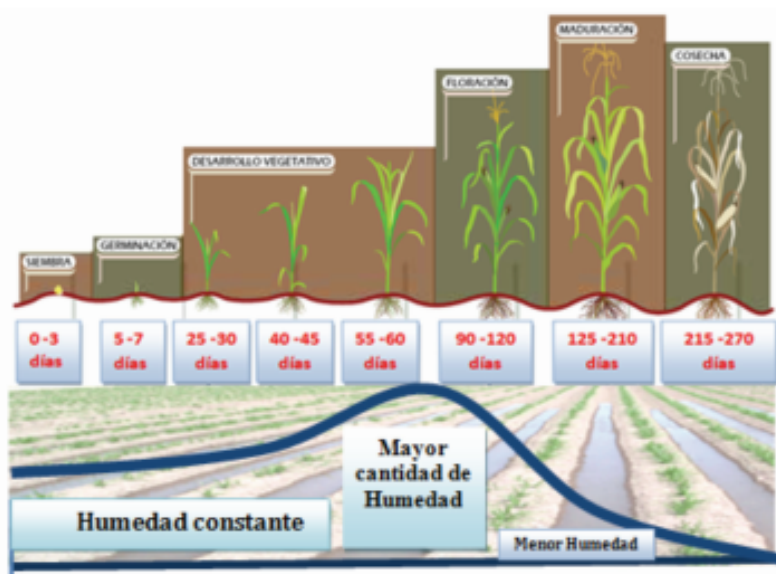


Figura 1.19. Humedad del suelo en relación al ciclo del cultivo de maíz.

Fuente. Yáñez et al. (2013).

Raleo

La labor de raleo se realiza con el objetivo de ajustar la densidad de plantas; consiste en dejar de una a dos plantas por sitio y eliminar las restantes, se realiza cuando la planta ha alcanzado un tamaño de unos 25 - 30 cm (Yanes et al., 2013). El raleo puede ir acompañado de otra labor como es la de romper las costras endurecidas del suelo (aporque) para favorecer el desarrollo de raíces adventicias (INFOAGRO, 2012).

NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

Todas las labores que se realizan en la cadena productiva del maíz son importantes y deben estar armónicamente sincronizadas para que el rendimiento en grano no decline. Especial atención se necesita brindar a la nutrición de esta planta y en particular a la fertilización, porque para las condiciones de Ecuador, con un clima muy diverso, diferentes altitudes y una cubierta de suelos compleja y heterogénea, esta labor constituye una práctica cultural de máxima importancia, para que las plantaciones de maíz alcancen altos rendimientos y estables. Su elevado costo, exige realizar un uso oportuno y efectivo para asegurar el máximo aprovechamiento.

En los suelos tropicales donde los procesos de degradación son intensos, no es posible garantizar sin la aplicación de fertilizantes minerales, una nutrición balanceada de este cultivo y mucho menos alcanzar producciones altas y rentables.

El maíz como otras especies de plantas de la familia de las Poáceae pertenece al tipo de plantas C4, las cuales tienen las características de usar el agua más eficientemente y conservar la humedad del suelo, ya que reducen al mínimo la fotorrespiración al realizar fotosíntesis con los estomas cerrados, lo cual permite una mejor adaptación a las condiciones tropicales húmedas y menos húmedas con temperaturas por encima de 30°C y aprovechar más eficientemente los nutrimentos que aportan los fertilizantes minerales, el suelo y presentar cierta tolerancia a la sequía (Bolufér, 2010).

El maíz como cualquier otro cultivo necesita para su normal crecimiento y desarrollo 16 elementos nutritivos, de ellos, tres: Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) provienen del agua y

del aire. Estos tres elementos participan en la fotosíntesis. Los 13 elementos restantes se clasifican en mayores primarios, mayores secundarios y microelementos y son los que las plantas absorben del suelo o de los fertilizantes y enmiendas que se aplican.

El hecho de que un elemento se encuentre formando parte de los tejidos de la planta no es prueba de que resulte esencial, pues para ello deben cumplirse determinados requisitos como son:

- El elemento debe estar directamente implicado en el metabolismo de la planta.
- En caso de insuficiencia aparecerán anomalías o síntomas definidos.
- De faltar, la planta no completará su ciclo vegetativo o reproductivo.

El calcio, el magnesio y el azufre se denominan elementos mayores secundarios, a diferencia de los principales (nitrógeno, fósforo y potasio) porque sus insuficiencias son menos frecuentes que las de estos últimos, por tanto, se usan menos como fertilizantes, al igual que los microelementos (Pérez et al., 2016).

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ

Dependiendo del autor, las necesidades de maíz se encuentran en un máximo de 28-30 kg de nitrógeno (N), 10-12 kg de fósforo (P_2O_5), y 23-25 kg de potasio (K_2O), por cada tonelada de grano producido.

Una parte importante de los nutrientes extraídos son destinados a partes de la planta que no siempre se retiran del campo. Esto hace que existan importantes diferencias entre la extracción total de nutrientes y la exportación (Tabla 1.5). Estas diferencias son particularmente significativas en el potasio, en el que sólo una pequeña parte va destinada al grano que se cosecha (Beltrán, 2010).

Tabla 1.5. Extracción y exportación real de nutrimentos principales por la parte aérea de maíz.

Nutrimentos	kg/t de grano producido	
Nitrógeno (N)	15,5-19,1	24,7-30,0
Fósforo (P ₂ O ₅)	7,0-12,3	10,2-12,3
Potasio (K ₂ O)	4,5-5,4	20,7-25,2

Fuente. Beltrán (2010).

Por ejemplo, si se requieren 22 kg de nitrógeno, 4 de fósforo y 19 de potasio para producir una tonelada de granos de maíz y se espera obtener una producción de 10 t de granos/ha, harían falta 222 kg de N, 40 de P₂O₅ y 190 de K₂O/ha respectivamente. Si estas necesidades no son cubiertas por el suelo, se debe añadir fertilizantes minerales para alcanzar dicho rendimiento (García, S/A).

Existen numerosas metodologías de diagnóstico disponibles para evaluar la nutrición del cultivo de maíz desde siembra a cosecha. En general, el análisis de suelo es la herramienta básica y fundamental para determinar los niveles de fertilidad de cada lote y diagnosticar la necesidad de fertilización. La información complementaria utilizada para el diagnóstico de la fertilización incluye las características climáticas de la zona, del suelo y su manejo, y del manejo agronómico del cultivo. Cuando los residuos se incorporan en un programa de fertilización balanceada de maíz, aportan cantidades considerables de nutrimentos al suelo (Tabla 1.6) (Parra et al., 2010).

Tabla 1.6. Distribución de nutrimentos por partes de la planta de maíz.

Partes de la planta	(N)	(P)	(K)	(S)	(Mg)
Porcentaje de nutrimentos en base a materia seca					
Residuos	47,0	35,0	82,0	52,0	66,0
Tusa	2,0	2,0	3,0	2,4	2,0
Grano	51,0	63,0	15,0	45,4	32,0

Fuente. Parra et al. (2010).

RITMO Y FORMA DE EXTRACCIÓN DE LOS NUTRIENTES

La mayor extracción de nutrientes se produce a partir de las 4-5 semanas, cuando las plantas alcanzan las 8 hojas (V_8), momento en que se inicia el crecimiento vegetativo más intenso. La absorción de macroelementos se realiza a mayor ritmo que la generación de materia seca. Alrededor del 47 % de todo el nitrógeno se extrae entre los 15 días anteriores y los 15 posteriores a la floración (Beltrán, 2010).

DEFICIENCIA DE NITRÓGENO

El nitrógeno es uno de los nutrimentos esenciales que más limitan el rendimiento del maíz. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación solar, limitando la actividad fotosintética del maíz y por consiguiente la formación y acumulación de biomasa. En plantas jóvenes, la deficiencia de N causa amarillamiento general. En estados más avanzados, las hojas inferiores presentan amarillamiento en forma de V invertida desde la punta hacia la base y comienzan a secarse. Este síntoma es más severo en las hojas viejas porque al faltar nitrógeno éste se transloca hacia las hojas jóvenes, ya que es muy móvil dentro de la planta (Torrez, s/f) (Figura 1.20).



Figura 1.20. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en las plantas de maíz.

Fuente: Cneyoysiari2046 (2012).

En la Figura 1.21 se aprecia la diferencia que existe entre el maíz fertilizado con N y donde no se aplicó este nutrimento. La parcela que recibió fertilizante nitrogenado muestra mayor vigor, más altura de las plantas y un color verde intenso, mientras que las que no recibieron aporte de N presentan menor vigor, el crecimiento es restringido y el color es verde claro; sin embargo el síntoma acentuado de deficiencia de N que se manifiesta por un color amarillento de las hojas más viejas con los bordes del limbo secos aún no se observan, por lo que cuando estos síntomas de deficiencia son visibles la afectación es muy severa.



Figura 1.21. Parcela demostrativa de maíz con carencia de N por ausencia de aporte comparada con una parcela donde se aplicó el nutrimento.

Fuente: Irañeta et al. (2017).

ACUMULACIÓN N EN LA PLANTA DE MAÍZ

Según Andrade et al. (1995) las tasas de acumulación máxima de N en la planta de maíz variaron de 2,7 a 3,7 kg/ha, las cuales se mantuvieron prácticamente constantes entre los 25 y 120 días después de la emergencia (V_5 a R_4-R_5). El N acumulado en el momento de la floración varió entre 55 y 65 % del N total a cosecha. La relación entre el N acumulado en pre y postfloración permite estimar la importancia de la removilización del N durante el llenado de los granos. El N es acumulado en partes vegetativas hasta los 10-15 días posteriores a la floración para luego ser removilizado hacia los granos (Figura 1.22).

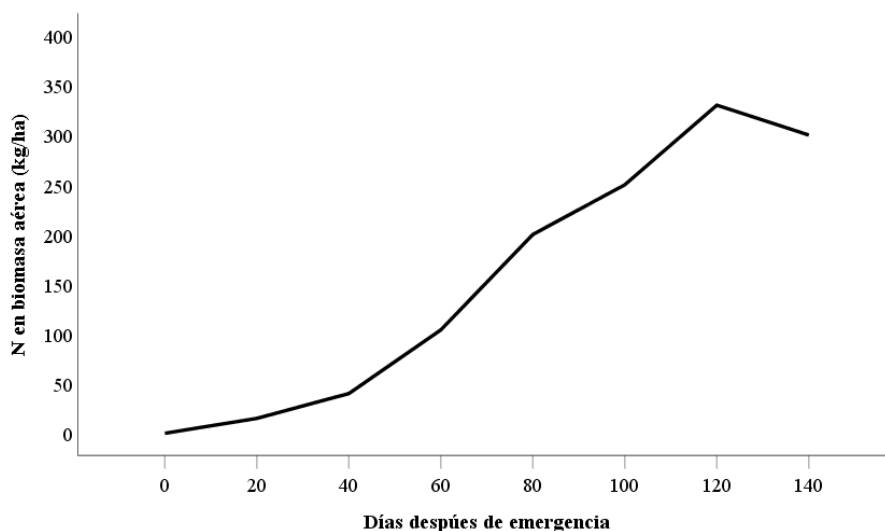


Figura 1.22. Acumulación de N en biomasa área en función del tiempo para el híbrido de maíz SPS240 conducido sin limitaciones hídricas ni nutricionales.

Fuente: Andrade et al. (1995).

Como la demanda de N por el cultivo aumenta marcadamente a partir del estado de 5-6 hojas desarrolladas (30-40 días después de la emergencia). Por esta razón, la aplicación en este estado del cultivo o inmediatamente previa ha sido reportada como el momento óptimo de mayor eficiencia de uso de N (Sainz et al., 1999; García y Espinosa 2009).

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Las aplicaciones de fertilizante nitrogenado a los 30-40 días después de la emergencia del maíz se dificultan desde el punto de vista práctico, lo que conlleva a colocar el fertilizante de forma superficial y que el mismo se pierda por volatilización y erosión, disminuyendo considerablemente su efectividad y a la vez contribuyendo a la contaminación del ambiente y de las aguas subterráneas con nitratos. Por tanto, es recomendable aplicar todo el fertilizante nitrogenado enterrado al momento de realizar la siembra, lo cual mejora la eficiencia del nitrógeno aplicado, disminuye los costos de aplicación y se facilita la realización de la misma. Fraccionar en dos o tres aplicaciones el fertilizante nitrogenado no ha mostrado incrementos

significativos de producción de grano que justifique el ejercicio de esta práctica (Ventimiglia y Torrens, 2013).

Barraco y Díaz-Zorita (2005) en estudios realizados sobre el momento de fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en Argentina no encontraron diferencias significativas entre aplicaciones de fertilizante nitrogenado en la siembra y en el estadio V6 de la planta. El rendimiento promedio en grano fue de 11,48 t de grano/ha para el fertilizante aplicado en la siembra y de 11,77 t de grano/ha cuando se aplicó en el estadio V6, considerando que una sola aplicación en el momento de realizar la siembra es suficiente para el crecimiento y desarrollo del cultivo y la obtención de rendimientos de 11,48 t de grano/ha.

El momento y la forma de colocar el fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz, es variable y va a depender de las condiciones edafoclimáticas del lugar y de las características que presenta este nutrimento. El N es muy soluble por lo que está sujeto a pérdidas por, lixiviación, volatilización y erosión sobre todo en suelos de topografía ondulada (Ferrari et al., 2001).

El manejo de fertilización nitrogenada es controvertido y su realización está condicionada a las características edafoclimáticas del lugar y a problemas prácticos y económicos, ya que realizar aplicaciones posteriores a la siembra, se dificultan y encarecen el costo de producción.

FÓSFORO

El fósforo (P) es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento del maíz. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutrimento y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. La concentración total de P en los cultivos varía de 0,1 a 0,5 %. El P forma parte de compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosfatados ricos en energía como la adenosina trifosfato (ATF).

Las tasas diarias de acumulación de P en las partes aéreas del maíz alcanzan valores altos y sostenidos después de los 40 días de la emergencia (Figura 1.23). La mayor demora en arribar a

las máximas tasas de acumulación de P podría deberse a que este nutriente llega a las raíces por difusión. El P acumulado en la biomasa aérea en el estadio de floración representa aproximadamente el 50 % del P acumulado en la cosecha. El P también se acumula en partes vegetativas hasta la floración para luego ser removilizado hacia los granos en crecimiento (Morgan-Mycogen y Echeverría, s/f).

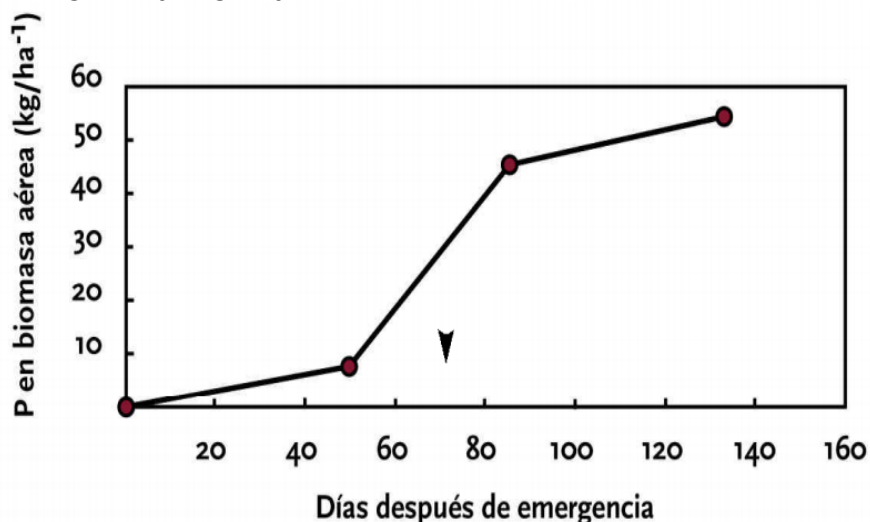


Figura 1.23. Acumulación de fósforo en biomasa aérea en función del tiempo para el híbrido SPS240 bajo riego y sin limitaciones nutricionales en Balcarce, Argentina. La flecha indica el 50 % de aparición de estigmas.

Fuente: Andrade et al. (1995).

DEFICIENCIA DE FÓSFORO

Cuando el P es deficiente la planta no se desarrolla de forma normal, se reduce el crecimiento, lo cual se refleja en una baja producción de granos, si la deficiencia es severa las plantas presentan síntomas visuales de coloración púrpura o violeta en las hojas más viejas (Figura 1.24).



Figura 1.24. Síntomas visuales de deficiencia de fósforo en maíz.
Fuente: INTAGRI (2017).

REPUESTA DEL MAÍZ A LA FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA

La respuesta del maíz a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en suelo, pero también es afectada por factores del suelo, del cultivo y de manejo del fertilizante. Entre los factores del suelo, se destacan la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH; mientras que entre los del cultivo deben mencionarse los requerimientos y el nivel de rendimiento. El diagnóstico de la fertilización fosfatada se basa en el análisis de suelo

En estudios realizados en Argentina por Vera et al. (2010) no se encontró respuesta del maíz a las aplicaciones de fósforo en el rendimiento del cultivo bajo condiciones hídricas extremas, lo cual contradice lo reportado por otros autores como Gutiérrez-Boem y Thomas (2001) y Singh et al. (2006) quienes reportaron que el efecto positivo del P sobre el crecimiento vegetal y rendimiento en grano ocurría independientemente del estado hídrico del suelo.

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA

A diferencia de lo que ocurre con el nitrógeno, al abordar la fertilización fosfatada en el maíz hay que considerar que el funcionamiento del fósforo (P) en el sistema suelo-planta es totalmente diferente al nitrógeno. Desde el punto de vista del manejo nutricional, el principal aspecto a considerar es su baja

movilidad en el suelo, lo hace principalmente por difusión, y la presencia de retención específica de los fosfatos en las arcillas, cuya magnitud depende de la cantidad y mineralogía de esta fracción. Por otro lado, el pH es un factor que impacta considerablemente sobre la disponibilidad de fósforo. La mayor disponibilidad ocurre con pH entre 5,5 y 6,5, mientras que valores fuera de este rango su concentración en la solución del suelo se reduce significativamente.

El maíz es un cultivo de categoría media en cuanto a la demanda de fósforo, y por cada tonelada de grano se extraen 11,6 kg de P_2O_5 , de acuerdo al rendimiento que se espera obtener, la extracción nutrimental aumenta, por ejemplo, para una producción de 10 t/ha, el cultivo de maíz extrae 116 kg de P_2O_5 .

En la Tabla 1.7 se presenta la recomendación de fertilizante fosfatado (kg/ha) de acuerdo al contenido de fósforo del suelo y el rendimiento de maíz, en grano, que se espera obtener.

Tabla 1.7. Recomendación de la dosis de P_2O_5 (kg/ha) en función de la fertilidad del suelo y el rendimiento que se espera obtener de maíz en grano.

Nivel de P_2O_5 en el suelo	Rendimiento de grano esperado (t/ha)				
	Bajo (5 t/h)	Medio (7,5 t/h)	Alto (10,0 t/h)	Muy alto (12,5 t/h)	Élite (15,0 t/h)
Muy bajo	50	75	100	125	135
Bajo	40	70	90	110	130
Moderadamente Bajo	35	60	80	100	110
Medio	20	50	65	75	90
Moderadamente Alto	15	35	50	60	70
Alto	0	20	30	40	50

Muy Alto	0	10	20	30	40
Ext. Alto	0	0	10	20	30

Fuente: Vera et al. (2010).

MONITOREO NUTRIMENTAL A TRAVÉS DEL ANÁLISIS FOLIAR

Para el monitoreo nutrimental del maíz se recomienda realizar el análisis foliar en las diferentes etapas del cultivo. Esta es una técnica que permite diagnosticar con alta precisión el estado nutrimental del cultivo y hacer correcciones oportunas antes que la deficiencia manifieste los síntomas visuales. Para una interpretación correcta del análisis foliar, en la Tabla 1.8 se presentan los niveles de suficiencia de fósforo del cultivo de maíz para diferentes etapas fenológicas

Tabla 1.8. Niveles de suficiencia de fósforo (%) en el cultivo del maíz, obtenidos por medio del diagnóstico foliar, en las diferentes fases fenológicas.

Etapas fenológicas			
Plántula	Vegetativa	En espiga	Madurez
0,40-0,60	0,30-0,50	0,25-0,50	0,25-0,40

Fuente: Vera et al. (2010).

Por lo expuesto anteriormente se aprecia que, la aplicación de los fertilizantes fosfatados en el cultivo del maíz, debe hacerse en el momento de la siembra, en el fondo del surco, de manera tal que el P esté disponible para el cultivo desde las primeras etapas de desarrollo.

La reducida movilidad del ion ortofosfato y la retención (fijación, adsorción e inmovilización) del fertilizante fosfatado en el suelo requieren de la aplicación localizada del mismo, especialmente en suelos de bajo contenido de P disponible, antes de sembrar o en el momento de realizar la siembra. Entre las fuentes de P, los fosfatos diamónico y monoamónico tienen la ventaja sobre el superfosfato triple de presentar N en su composición, lo que mejoraría el efecto de arranque del fertilizante a partir de los efectos benéficos de la interacción amonio-fosfato (García, s/f).

No obstante, las formas solubles de superfosfato triple (46 % de P_2O_5) y superfosfato sencillo (16 % de P_2O_5) son utilizados con buenos resultados en la fertilización fosfatada del maíz.

POTASIO

El K incrementa la eficiencia de la fotosíntesis y evapotranspiración. Una de las principales funciones del K es ayudar a la apertura y cerrado de las estomas (pequeños poros en el envés de la hoja). Si estos poros no se abren y cierran adecuadamente la planta no fija suficiente CO_2 y pierde innecesariamente agua a través de la evapotranspiración.

Al momento en que un cultivo de maíz acumuló el 50 % del total de la biomasa, se habrá absorbido el 95 % K. Los requerimientos de potasio necesarios para alcanzar un óptimo crecimiento cambian con las etapas de desarrollo. Al comenzar su ciclo la tasa de absorción del maíz es relativamente lenta, pero después de las tres primeras semanas de crecimiento, ésta se incrementa en forma sustancial. Durante el período de rápido crecimiento puede absorber hasta 78 % de su necesidad total de potasio. La absorción de K se completa poco después de la floración femenina. El 90 % del K se consume en el período de V_8 (ocho hojas) hasta más o menos 15 días antes o después de la floración (Lazcano, 1997).

DEFICIENCIA DE POTASIO

Cuando hay una deficiencia de potasio, se forman entrenudos cortos y tallos delgados con hojas relativamente largas. En las hojas más viejas, aparecen clorosis rayadas desde la punta de las hojas que se extienden a lo largo del borde de las hojas. Estas formarán más adelante coloraciones amarillas con una posterior necrosis en las puntas y bordes de las hojas (Figura 1.25) (Figueroa y Benítez, 2010).



Figura 1.25. Síntomas visuales de deficiencia de potasio en maíz.

Fuente: Figueroa y Benítez (2010).

Los granos crecen débilmente en la punta de la mazorca durante su desarrollo y el rendimiento se reduce considerablemente. Como el potasio contribuye a la estabilidad del tallo, la carencia produce un riesgo o peligro de encamado.

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN EL CULTIVO DEL MAÍZ

Como el potasio se mueve poco en el suelo, es recomendable aplicarlo junto con el fósforo en el fondo del surco en el momento de la siembra, de esta forma estará disponible para las plantas desde el inicio del periodo vegetativo.

CONSIDERACIONES FINALES DE LA NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

Plantaciones de maíz bien manejadas de las zonas de Quevedo y Balzar necesitan para producir una tonelada de grano 25; 5 y 20 kg de N, P y K/ha. Aproximadamente el 60 % del N y P y el 30% del K se exportan con el grano cosechado, mientras el resto permanece en los residuos del cultivo para ser devuelto al suelo. Cosechas de altos rendimientos de maíz (10 t/ha) requieren al inicio de la floración concentraciones foliares de

3,0 % de N, 0,15 % de P, 1,90 % de K, 0,40 % de Ca y 0,25 % de Mg (Amores, 1992).

Aunque el potasio rara vez hace falta en las zonas tradicionales productoras de maíz en Ecuador, un contenido medio o bajo en el suelo justifica la aplicación de este elemento nutritivo con el fin de restituir lo que se exporta con el grano y mantener las formas asimilables de K en el suelo (Amores 1992).

No obstante Figueroa y Benítez (2010) encontraron respuesta en rendimiento del cultivo a la aplicación de K, que fue creciente en función de las cantidades, resultando la dosis de 60 kg/ha la más efectiva en términos económicos ya que no hubo diferencias en rendimiento con dosis superiores y el peso de 1000 granos fue el componente afectado por los distintos niveles de K, siendo el componente del rendimiento que mejor explica el incremento de producción en respuesta a la fertilización con K.

Por razones económicas y ambientales, un programa eficaz de nutrición del maíz no solo requiere incrementar la producción de grano, sino que también debe buscar incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes provenientes de los fertilizantes utilizados (García y Espinosa 2009).

El maíz es un cultivo que alcanza un espectacular desarrollo vegetativo y altas producciones, en consecuencia, es muy exigente en nutrientes y es preciso razonar la fertilización en los distintos elementos en función de las necesidades del cultivo y de los aportes del suelo. Por tanto, el ajuste de la fertilización del maíz es un aspecto clave para optimizar la rentabilidad del cultivo, mantener la fertilidad del suelo y minimizar las posibles afecciones medioambientales negativas que el mal uso de los fertilizantes puede provocar (Irañeta et al., 2017).

Como se puede apreciar el nutrimento que más requiere este cultivo para su nutrición es el N, seguido del K. El P, aunque la planta lo absorbe en menor cantidad, debido a las funciones que desempeña, si el suelo es deficitario debe aplicarse. El resto de los macro y micronutrientes son requeridos en menor

cantidad, los cuales, salvo algunas excepciones de suelos poco fértiles, deben ser añadidos para que no limiten la producción.

PLAGAS

El cultivo del maíz es afectado por diferentes organismos (hongos, virus, bacterias, fitoplasmas, ácaros, insectos, nematodos, plantas parásitas, roedores y aves) que provocan diferentes daños y afectan el rendimiento agrícola del cultivo y dañan los granos almacenados.

Insectos-plaga en Ecuador

Grupo de las palomillas que, en su estado larvario, son conocidas como gusanos cortadores, soldados, eloteros, barrenadores, etc., y son los que más daños causan; luego están los escarabajos que en general son llamados gusanos de las raíces, gusanos de alambre, gallinas ciegas, barrenadores del grano y gorgojos. En orden de importancia, les sigue el grupo de insectos que actúan como vectores de virus, micoplasmas, bacterias y hongos; que en algunas zonas del país pueden provocar la pérdida completa del cultivo.

Principales Insectos plagas del maíz en Ecuador

La mayor parte de lo que se presenta en este subcapítulo, se tomó de la investigación documental realizada por (Estrada, 2022).

En Ecuador los principales insectos plagas que afectan al cultivo del maíz son el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), el barrenador del tallo *Diatraea* spp. y el falso medidor *Mocis latipes* (Guenée). Además, se presentan plagas secundarias y potenciales como *Heliothis* spp, *Agrotis* spp, *Aphis* spp, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller), *Gryllotalpa* sp., *Phyllophaga* sp, *Diabrotica* sp, *Aeolus* sp y *Colaspis* sp.

Gusano cogollero

Orden: Lepidóptera.

Familia: Noctuidae.

Nombre científico: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith).

Nombre común o vulgar: gusano cogollero del maíz u oruga militar tardía.

Biología:

La hembra adulta oviposita durante la noche. Los huevos son depositados en capas superpuestas, en la superficie de las hojas de la planta de maíz, entre 50 y 300 huevos por puestas; son de color blanco perla y se encuentran protegidos por una telilla algodonosa (Figura 1.26 A).

El desarrollo embrionario dura de dos a tres días de acuerdo a la temperatura del ambiente. Las larvas son de color pardo oscuro y presentan tres rayas longitudinales (Figura 1.26 B). La duración de la fase larval varía de 10 a 21 días. La especie presenta de seis a siete estadios larvales. La larva se introduce en el suelo para transformarse en pupa, este estado dura de 7 a 10 días (Figura 1.26 C). Los adultos prefieren volar durante la noche y puede vivir entre 14 y 21 días (Figura 1.26 D).

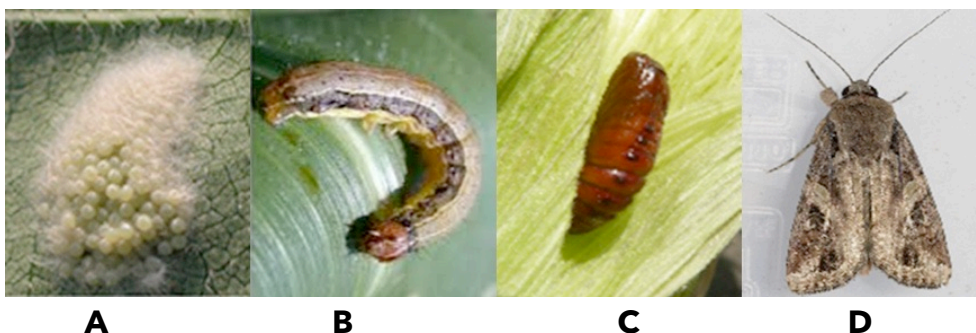


Figura 1.26. A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *S. frugiperda*.

Fuente. García y Tarango (2009).

Daños

El gusano cogollero es el insecto plaga más importante que ataca al cultivo del maíz, prácticamente en todas las zonas donde se cultiva a nivel mundial; los daños se manifiestan en troceados de plantas recién germinadas, comedor de follaje y como masticador de granos tiernos en la mazorca. Una infestación no controlada de la plaga puede ocasionar una

reducción del rendimiento hasta el 60% debido a la pérdida del área foliar, lo que afecta considerablemente la actividad fotosintética de las plantas afectadas, además de la pérdida de área foliar, también puede causar un retraso o inhibición de la inflorescencia (Castellanos et al., 2015). En la Figura 1.27 se puede apreciar los daños causados por este insecto en su estado larvario.



Figura 1.27. A. Daño en las hojas. B. Daños en las hojas y cogollo. C. Daños en la mazorca provocados por las larvas de *S. frugiperda* en el maíz.

Fuente: Castellanos et al. (2015).

Manejo de la plaga

El monitoreo temprano de la plaga permitirá un control más efectivo y económico de la misma. Se proponen las siguientes medidas de control:

- Uso del cultivo intercalado maíz-frejol.
- Aplicación del riego por aspersión para reducir las poblaciones de los primeros estadios larvales.
- Destrucción de arvenses hospederas del cogollero.
- Eliminación de pupas en el suelo por destrucción mecánica o exposición a depredadores mediante el arado y rastreado.
- Adecuada fertilización del suelo, ya que las plantas en buenas condiciones nutritivas son más tolerantes a los daños en el follaje.
- Uso de trampas de feromonas sexuales.
- Control biológico mediante virus (*Baculovirus*),

bacterias entomopatógenas (*Bacillus thuringiensis* (Berliner) y parasitoides de huevos, *Trichogramma pretiosum* (Riley) y *Telenomus* sp.

- Control químico no es recomendado, se debe utilizar como último recurso.

Según mencionan Valarezo et al. (2008), en Ecuador, se han utilizado extractos del árbol del nim (*Azadirachta indica* A. Juss) para disminuir las poblaciones del gusano cogollero. Por otra parte, Hernández et al. (2018) indican que se conocen numerosas especies de insectos benéficos asociadas al control de *S. frugífera*), aunque en Ecuador son escasos los trabajos publicados sobre el control biológico del gusano cogollero.

Falso medidor o gusano ejército

Orden: Lepidóptera.

Familia: Noctuidae.

Nombre científico: *Mocis latipes* (Guenée).

Nombre común o vulgar: falso medidor o gusano ejército.

Biología

Los huevos son de forma ligeramente elíptica con estrías longitudinales de un extremo a otro, la hembra los coloca en la superficie de las hojas, en grupos de 40-60. (Figura 1.28 A), el período de incubación dura aproximadamente entre cuatro y cinco días. La especie presenta seis estadios larvales con una duración de 12 a 15 días. Las larvas presentan sólo tres pares de patas falsas por lo que se desplazan arqueando su cuerpo (Figura 1.28 B).

La coloración de las larvas varía según el tipo de alimento ingerido. Las larvas empupan en la misma planta entre dos hojas entretejidas o en una hoja doblada sobre las hojas, confeccionan un capullo sedoso donde transcurre el desarrollo pupal que dura de cinco a siete días (Figura 1.28 C). Las pupas son de forma obtecta, recién formadas son de color verdoso y próximas a convertirse en adultos son de color café. Los adultos presentan alas de color parduzco (Figura 1.28 D) y

tienen una longevidad de ocho a diez días. La duración del ciclo de vida puede variar entre 30 y 40 días en dependencia de las condiciones ambientales.



Figura 1.28. A. Huevo, B. Larva, C. Capullo, D. Adulto de *Mocis latipes*

Fuente: Paliz y Mendoza (1999).

Daños

Es una plaga que puede atacar cualquier fase del ciclo vegetativo o reproductivo del cultivo. El primer estadio larval se alimenta del parénquima de la hoja, deja la epidermis traslúcida con aspecto de manchas blanquecinas. Las larvas del segundo y tercer estadio consumen la superficie foliar y provocan orificios de forma irregular. Las larvas del cuarto y quinto estadio son las más voraces porque se alimentan de todo el follaje hasta dejar solamente la nervadura central de la hoja (Figura 1.29) (Paliz y Mendoza, 1999).



Figura 1.29. Daño provocado por la larva de *M. latipes* en la hoja de maíz.

Fuente: Troya y Vaca (2016).

Manejo de la plaga

Eliminación de las arvenses hospederas presentes alrededor y en el interior de la plantación de maíz.

- Control biológico mediante los parasitoides de huevos *Trichogramma* sp. y *Telenomus* sp.
- Control biológico mediante la aplicación de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* (Berliner).

El control químico mediante la aplicación de insecticidas debe utilizarse en última instancia;

Gusano de la mazorca

Orden: Lepidóptera.

Familia: Noctuidae.

Nombre científico: *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850).

Nombre común o vulgar: gusano elotero, gusano de la mazorca, gusano del choclo.

Biología

Los huevos son de color blanco cremoso y se tornan negros antes de la eclosión de las larvas, tienen forma esférica y presentan estrías longitudinales desde la base hasta el ápice (Figura 1.30 A). El período de incubación de los huevos oscila entre dos y cinco días. Las larvas presentan diferentes coloraciones, la larva recién eclosionada es de color blanco con la cabeza negra mientras que el último estadio presenta coloraciones diferentes. En todos los casos las larvas presentan una banda blanca longitudinal, lateral (Figura 1.30 B). La duración del ciclo larval en condiciones naturales registra un promedio de 17,3 días. Cuando la larva ha completado su desarrollo deja de alimentarse, se introduce en el suelo para formar la pupa, las cuales son obtectas, primero de color rojizo y luego de color marrón oscuro, duran entre 10 y 14 días (Figura 1.30 C). Los adultos presentan las alas anteriores de color café claro y con una mancha negra pequeña ubicada en la parte superior de la misma y una banda oscura en el margen lateral (Figura 1.30 D).



Figura 1.30. A. Huevo, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *Helicoverpa zea*.

Fuente: Estay y Vitta (2017).

Daños

Las hembras de *Helicoverpa zea* depositan los huevos en forma aislada preferentemente sobre los estigmas de la mazorca de maíz. Las larvas recién eclosionadas migran rápidamente desde los estigmas hacia la mazorca. El resto de los estadios larvales

se alimenta de los granos de la mazorca de maíz desde la punta hasta la base de la misma. El principal daño que ocasiona esta plaga es la destrucción de los granos. Las perforaciones en la mazorca y la acumulación de excrementos de las larvas, favorecen el desarrollo de microorganismos que provocan la pudrición de la mazorca (Figura 1.31) (Tulli et al., 2016).



Figura 1.31. Daño provocado por la larva de *Helicoverpa zea* en la mazorca de maíz.

Fuente: Agroproductores (2025).

Manejo de la plaga

Es necesario realizar un monitoreo continuo y minucioso en el cultivo, para detectar de manera oportuna la presencia de la plaga, antes de que las larvas penetren en los granos de la mazorca de maíz. Se proponen las siguientes medidas de control.

- Uso variedades resistentes.
- Manejo de fechas de siembra para desplazar el momento de la floración del maíz de la época de mayor incidencia de la plaga.
- Labranza profunda para exponer a las pupas a la acción de depredadores naturales como las aves.
- Control biológico mediante el uso de parasitoides

de huevos, *Trichogramma* sp.

- Como alternativa para el control de *Helicoverpa zea*, en Ecuador se han evaluado extractos foliares de las especies vegetales, *Schinus molle* (L.) y *Artemisia absinthium* (L.) con efectos repelentes y tóxicos en la plaga (Guevara et al., 2018).

Barrenador del tallo

Orden: Lepidóptera.

Familia: Crambidae.

Nombre científico: *Diatraea saccharalis* (Fabricius).

Nombre común o vulgar: barrenador del tallo del maíz.

Biología

La hembra deposita los huevos en la superficie de las hojas, en un número de 17 a 26, son ovalados y de color blanco-amarillento. (Figura 1.32 A). El desarrollo embrionario dura alrededor de siete días. Las larvas eclosionan al octavo día, inicialmente presentan una coloración blanca cremosa y finalmente son de color marrón oscuro. (Figura 1.32 B). La especie presenta seis estadios larvales y el período larval puede durar de 45 a 50 días. La fase de pre-pupa dura alrededor de dos días mientras que las pupas pueden durar de 10 a 15 días (Figura 1.32 C). Los adultos son de color pajizo (Figura 1.32 D), las mariposas machos son ligeramente más oscuras que las hembras y pueden vivir de 2,7- 2,9 y las hembras de 3,8 - 3,9.

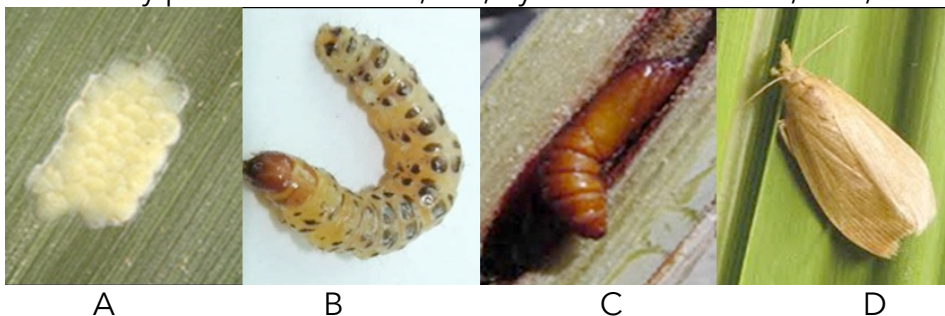


Figura 1.32 A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *Diatraea saccharalis* en el maíz

Fuente. Zárate et al. (2016).

Daños

Cuando la planta es joven, las larvas recién eclosionadas se alimentan del tejido foliar. Si la planta se encuentra en estado vegetativo avanzado, las larvas se introducen entre las vainas y el tallo, provocan el desprendimiento o el secado prematuro de las hojas. Las larvas más desarrolladas perforan el tallo (Figura 1.33), estas perforaciones producen daño fisiológico al disminuir el flujo de agua y nutrientes de la planta y a su vez ocasiona un daño mecánico que consiste en la fractura del tallo y la caída de espigas que conlleva a pérdidas en los rendimientos del cultivo. Este insecto es la principal plaga de la caña de azúcar a nivel mundial.



Figura 1.33. Daño provocado por las larvas de *Diatraea saccharalis* en el tallo de maíz.

Fuente. Serra y Trumper (2020).

Manejo de la plaga

- Destrucción de rastrojos.
- Rotación de cultivos.
- Adecuada preparación del suelo.
- Siembras tempranas.
- Fertilización, control de arvenses y densidad poblacional adecuadas.
- Control biológico mediante los parasitoides de huevos *Trichogramma* spp. y *Telenomus* spp. y

mediante parasitoides de larvas *Apanteles flavipes* (Cameron), *Metagonistylum minense* Townsed.

Perforador menor del tallo

- Orden: Lepidóptera.
- Familia: Pyralidae.
- Nombre científico: *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848).
- Nombre común o vulgar: perforador menor del tallo, barrenador menor del maíz.

Biología

Las hembras ovipositan en la base del tallo de las plantas jóvenes, en hojas inferiores y en la superficie del suelo. Los huevos, recién ovipositados son de color blanco amarillento y próximos a la eclosión de las larvas presentan una coloración rojiza (Figura 1.34 A). El período de incubación de los huevos varía de tres a siete días. Las larvas son de color verde grisáceo o verde azulado oscuro y presentan líneas longitudinales pardas u oscuras en la región dorsal (Figura 1.34 B). La fase larval dura como promedio 15 días y presenta de cinco a seis estadios larvales, las larvas abandonan el tallo de la planta y forman las pupas en la superficie del suelo. Las pupas son de color verde y se tornan marrón dentro del capullo (Figura 1.34 C), este estadio dura de 12 a 15 días. Los adultos son mariposas pequeñas con alas anteriores de color oscuro en las hembras, (Figura 1.34 D). La longevidad de los adultos es de alrededor de 12 días y las hembras pueden ovipositar como promedio 124 huevos (Rázuri, 1974).

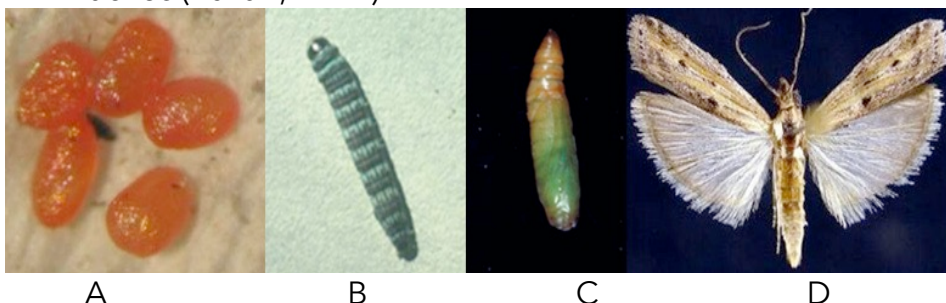


Figura 1.34. A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *Elasmopalpus lignosellus*.

Fuente: Romero y Huezó (2011).

Daños

Las larvas recién eclosionadas se alimentan de las hojas y las larvas más desarrolladas descienden al suelo y perforan el tallo aproximadamente a dos cm por debajo del nivel del suelo; construyen galerías longitudinales ascendentes que provocan la destrucción del punto de crecimiento (Figura 1.35). Si la planta es joven quiebra debido a este daño, pero si la planta está más desarrollada su epidermis es más resistente y la larva no produce galerías internas, solamente daña a la planta a nivel del cuello lo que aumenta la susceptibilidad al vuelco por el viento o por el propio peso de la planta. Este insecto también es una plaga en el cultivo de la caña de azúcar.



Figura 1.35. Daño provocado por la larva de *Elasmopalpus lignosellus* en el tallo de maíz.

Fuente: Romero y Huezó (2011).

Manejo de la plaga

La lluvia o el riego de agua es el control más efectivo, ya que las larvas viven en el suelo, muy cerca de la superficie.

INSECTOS PLAGAS DEL MAÍZ ALMACENADO

Gorgojo volador del maíz

Orden: Coleóptera.

Familia: Scolytidae.

Nombre científico: *Pagiocerus frontalis* (Fabricius, 1801).

Nombre vulgar: gorgojo volador del maíz.



Figura 1.36: Adulto de *Pagiocerus frontalis* (Fabricius, 1801).

Fuente: Vintimilla et al. (2022).



Figura 1.37: Daño de *P. frontalis* provocado en la mazorca de maíz.

Fuente: Castro y Mejía (2011).

Daños

Los daños que provoca esta plaga en el maíz almacenado se evidencian en la destrucción total o parcial del grano, así como

su contaminación debido a los excrementos, insectos muertos, restos de insectos y los huevos

Manejo de la plaga

No almacenar los granos de maíz con presencia del insecto.

Almacenar los granos y las mazorcas de maíz en ambientes seguros con buena ventilación, baja temperatura y humedad relativa

Eliminación de los granos de maíz atacados provenientes del ciclo anterior

Gorgojo del maíz

Orden: Coleóptera.

Familia: Curculionidae.

Nombre científico: *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

Nombre vulgar: Gorgojo del maíz.

Las hembras realizan perforaciones en los granos de maíz almacenado donde depositan entre 50 y 250 huevos y luego los cubren con una sustancia mucilaginosa. Las larvas se desarrollan en el interior de los granos durante tres o cuatro semanas hasta transformarse en pupas. El estadio pupal dura entre ocho y 10 días hasta convertirse en adulto y salir al exterior (Figura 1.38). (García et al., 2009).



Figura 1.38: Adulto de *Sitophilus zeamais*.

Fuente: Vintimilla et al. (2022).

Daños

Las larvas y los adultos son los estadios que ocasionan los mayores daños a los granos de maíz. Los adultos perforan los granos para ovipositar mientras que las larvas se alimentan de su endospermo hasta vaciarlo. Los granos perforados no son aptos para su consumo, pierden peso y capacidad germinativa. Los granos dañados son una puerta de entrada para otras plagas (Figura 1.39).



Figura 1.39. Daños provocados por *S. zeamais* en el grano de maíz.

Fuente: Agri Bio (2020).

Manejo de la plaga

Utilización de polvos vegetales elaborados con plantas con propiedades insecticidas como la ruda (*Ruta graveolens* L.) y el marco (*Ambrosia arborescens* Mill.).

ENFERMEDADES OCASIONADAS POR HONGOS

Tizón foliar

Organismo causal: *Exserohillum turcicum* (Pass.) K. J. Leonard & Suggs
sinónimo: *Helminthosporium turcicum*

Sintomatología

Los primeros síntomas son manchas pequeñas ligeramente ovaladas y acuosas que se producen en las hojas. Generalmente, los síntomas aparecen en las hojas inferiores y prosiguen a las hojas superiores como lesiones foliares de forma elíptica y alargadas de color ceniza, a veces verde-grisáceas o pardas (Figura 1.40). En infecciones severas las lesiones en las hojas crecen y pueden provocar la muerte prematura de las hojas y de la planta (Gastélum *et al.*, 2018).



Figura 1.40. Síntomas visuales de la enfermedad tizón foliar del maíz.

Fuente: Velázquez (2015).

Propagación. El hongo fructifica en las lesiones y las esporas son transportadas por el viento y las salpicaduras del agua a plantas sanas donde se producen nuevas infecciones (Ngugi *et al.*, 2000).

Manejo de la enfermedad

- Utilización de variedades resistentes.
- Rotación de cultivos.

Mancha foliar

Organismo causal: *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn

Sintomatología

Los síntomas se presentan con manchas muy pequeñas de forma circular a oval y de apariencia aceitosa. En el centro de cada lesión se observa un punto pardo rodeado con halo ligeramente coloreado y márgenes de color rojizo marrón a marrón oscuro. Las manchas pueden agrupar grandes áreas donde las hojas se tornan delgadas y rasgadas. En ataques severos de la enfermedad, las manchas cubren las hojas en su totalidad dificultando la actividad fotosintética de la planta (Figura 1.41) (Garcés et al., 2011).

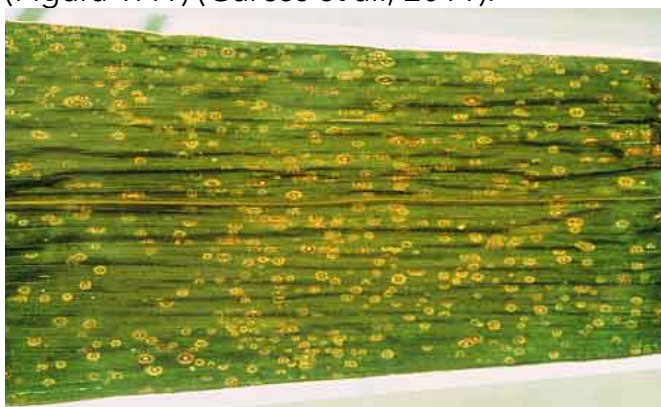


Figura.1.41. Síntomas visuales de la enfermedad mancha foliar del maíz.

Fuente: CYMMIT (2004).

Propagación

El patógeno se transmite a la planta de maíz a través de la semilla infectada (Rodrigues et al., 2014).

Manejo de la enfermedad

Utilización de semillas certificadas.

Utilización de variedades resistentes.

Roya común del maíz

Organismo causal: *Puccinia sorghi* Schwein

Sintomatología. Primero aparecen puntos cloróticos en la superficie de las hojas; después se desarrollan pústulas en ambas superficies de las hojas. En ataques severos, las pústulas

formadas pueden provocar la necrosis del tejido foliar y dan un aspecto de mancha foliar. Las hojas infectadas severamente pueden morir (Figura 1.42) (Arrieta et al., 2007).



Figura: 1.42. Síntomas visuales de la enfermedad roya del maíz
Fuente: CYMMIT (2004).

Propagación. Las uredosporas se transmiten por el viento e infectan nuevas hojas, plantas o campos (Paliwal et al., 2001).

Manejo de la enfermedad

Utilización de variedades resistentes

Carbón común del maíz, carbón de la espiga del maíz

Organismo causal: *Ustilago maydis* (Persoon) Rouse

Sintomatología

Es una enfermedad que ataca todas las partes de la planta. El síntoma característico son las agallas que se forman en las espigas femeninas y masculinas, tallos, nudos y hojas (Figura 1.43). Las agallas son tejido fúngico cuyo interior es una masa de color negro pulverulenta formada por teliosporas que se liberan por ruptura de la agalla. Se presenta deformación de la espiga y mazorca y enanismo en la planta (Snetselaar & Mims, 1993).

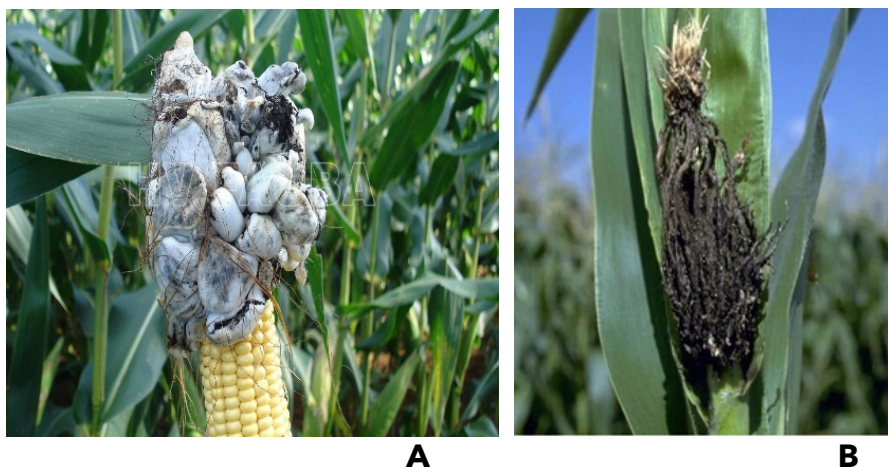


Figura: 1.43. Carbón del maíz. A. Agallas en las espigas B. Agallas en la mazorca.

Fuente: INTRAGRI (2017b).

El daño principal lo causa en la mazorca (Figura 1.44).



Figura 1.44 Daño producido por el hongo del carbón del maíz en la mazorca.

Fuente. INTRAGRI (2017b).

Propagación

La enfermedad se puede diseminar con el viento, la lluvia, los animales, las maquinarias agrícolas, las semillas infectadas, las personas las pueden transportar en los zapatos y la ropa (INTRAGRI, 2017a).

Manejo de la enfermedad

Actualmente esta enfermedad no se controla, pero en caso necesario se pueden aplicar las medidas siguientes: rotaciones de cultivos, desinfección de semillas y selección de semillas. No se recomienda control químico.

En algunos lugares se emplea el carbón del maíz como alimento; así en Méjico lo conocen como huitlacoche, que es considerado en Europa y Estados Unidos un platillo exquisito y de alta cocina, utilizado por chefs de prestigio en restaurantes exclusivos. En algunos lugares se le llama "trufa mexicana" (INTAGRI, 2017a).



Figura 1.45. Preparación del plato comestible con el carbón del maíz en México. Conocido como huitlacoche.

Fuente. INTRAGRI (2017a).

Mancha de asfalto, mancha negra del maíz, mancha de alquitrán en el maíz

Organismo causal: Es una enfermedad producida por la acción sinérgica de tres hongos *Phyllochora maydis* (Maub.), *Monographella maydis* E. Mull & Samuels. y *Coniothyrium phyllachorae* (Maub.).

Sintomatología

Primeramente, se producen manchas brillantes y ligeramente abultadas de color amarillento; luego, esas lesiones se vuelven necróticas y pueden llegar a fusionarse, provocando la

quemadura completa del follaje Figura 1.46 (Pereyda et al., 2009).

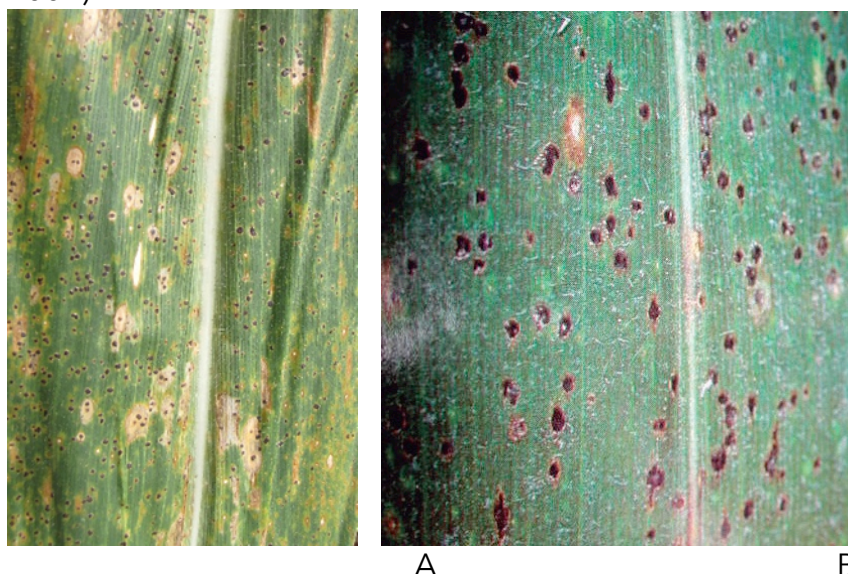


Figura 1.46. Síntomas visuales de la enfermedad mancha de asfalto en el maíz. A. Inicio de la enfermedad. B. Estado avanzado de la enfermedad.

Fuente: CYMMIT (2004).

Propagación

La enfermedad se disemina con el viento y la lluvia (Garrido, 2017).

Manejo de la enfermedad

- Utilización de variedades resistentes.
- Rotación de cultivos.
- Utilización de densidad de siembra adecuada.

Mancha gris de la hoja, cercosporiosis, mancha rectangular del maíz

Organismo causal: *Cercospora zea-maydis* Tehon & E.Y. Daniels (1925).

Sintomatología

Los síntomas se observan inicialmente en las hojas inferiores como lesiones angostas, rectangulares de color café grisáceo

que crecen paralelas a la nervadura de las hojas. A medida que la lesión avanza se forman grandes áreas necróticas que cubren prácticamente toda la hoja (Figura 1.47). La enfermedad puede causar senescencia foliar de importancia o llenado deficiente de los granos (Sillón & Fontanetto, 2011).



Figura 1.47. Síntomas visuales de la enfermedad mancha gris de la hoja del maíz.

Fuente: CYMMIT (2004).

Propagación

La enfermedad sobrevive en los residuos vegetativos del maíz infectados sobre el suelo. Las esporas del hongo se diseminan por el viento a otras plantas de maíz en desarrollo y por la lluvia a otras hojas de la misma planta (Lapaire & Dunkle, 2003).

Manejo de la enfermedad

- Utilización de variedades resistentes.
- Eliminación de los residuos de cosecha.

Pudrición del tallo

Organismo causal: *Fusarium moniliforme* sin. *Fusarium verticillioides*.

Sintomatología

La infección sistémica de las plántulas ocurre durante y desde la germinación de la semilla. Como el hongo sobrevive en la semilla o en el suelo, penetra de forma directa a la epidermis de las raíces de la planta, se transloca por el tallo donde los síntomas visibles son puntos negros en la superficie del tallo (peritecios del hongo) así como micelio blanco en la corteza del tallo a la altura del nudo (Figura 1.48) (De la Torre et al., 2014).



Figura 1.48. Síntomas visuales de la enfermedad pudrición del tallo de maíz provocada por *Fusarium*.

Fuente: CYMMIT (2004).

Propagación

Las conidiosporas del hongo pueden ser diseminadas por el agua de lluvia y depositarse en el estigma donde las hifas acceden al grano de la mazorca. Los insectos pueden dispersar el hongo a lo largo de la superficie de la planta y pueden transportar en su cuerpo las conidiosporas a grandes distancias (Okori, 2004).

Manejo de la enfermedad

- Utilización de variedades resistentes.
- Eliminación de residuos de maíz.

- Control de los insectos plagas vectores de la enfermedad.

Pudrición de la mazorca por *Stenocarpella maydis*

Organismo causal: *Stenocarpella maydis* (Berk.) Sutton
sinónimo: *Diploidia maydis* (Berk.) Sacc.

Sintomatología

La infección de la mazorca ocurre dos semanas posteriores a la floración femenina, todas las hojas que cubren la mazorca se tornan de color gris-marrón y se secan mientras que la planta conserva su color verde. Cuando se abre la mazorca presenta una apariencia pajiza, blanquecina, con las hojas adheridas firmemente al micelio blanco algodonoso blanco crecido entre los granos (Figura 1.49) Las mazorcas infectadas pesan notablemente menos que las mazorcas sanas (Hernández et al., 2016).



Figura 1.49. Síntomas visuales de la enfermedad pudrición de la mazorca ocasionada por *Stenocarpella maydis*
Fuente: CYMMIT (2004).

Propagación

Los cuerpos fructíferos del hongo se encuentran en las hojas y granos de las mazorcas y pueden ser transportados por el viento, por insectos y pájaros que se alimenten de las mazorcas (del Río & Melara, 1991).

Manejo de la enfermedad

- Rotación de cultivos.
- Utilización de variedades resistentes.
- Aplicación de labranza de conservación.

Pudrición de la mazorca por Fusarium

Organismo causal: *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch sinónimo: *Fusarium graminearum*

Sintomatología

La infección de la mazorca ocurre posterior a la floración femenina y se inicia de la punta de la mazorca hacia abajo. Los granos infectados presentan una coloración de rosado a rojo (Figura 1.50). La enfermedad produce una infección generalizada en las mazorcas, donde a menudo, los granos infectados comienzan a germinar (Incremona et al., 2015).



Figura 1.50. Síntomas visuales de la enfermedad pudrición de la mazorca de maíz provocada por *Gibberella zeae*.

Fuente: CYMMIT (2004).

Propagación

La transmisión de la enfermedad ocurre por el viento y la salpicadura de la lluvia (Vares, 1984).

Manejo de la enfermedad

- Rotación de cultivos.
- Eliminación de residuos de cosecha.
- Utilización de variedades resistentes.

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR BACTERIAS

Pudrición bacteriana del tallo

Sintomatología. En plantas jóvenes el síntoma característico es la presencia de cogollos de color amarillo los cuales pueden ser fácilmente desprendidos del tallo. El tejido de la base del cogollo es blando, de color crema, de apariencia acuosa y presenta olor fétido (Figura 1.51). Los tallos enfermos presentan manchas de color marrón son blandos, delgados y se rompen fácilmente (Unda et al., 1986).



Figura 1.51. Síntomas visuales de la enfermedad pudrición bacteriana del tallo

Fuente: CYMMIT (2004).

Propagación

La enfermedad se transmite por la semilla (Terrón et al., 2012).

Manejo de la enfermedad

- Eliminación de residuos de cosecha.
- Rotación de cultivos.
- Utilización de variedades resistentes.

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR VIRUS

Mosaico del maíz

El mosaico del maíz es una enfermedad viral. Puede ser causado por el virus del mosaico enano del maíz (MDMV), el virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV) o el virus del mosaico del maíz (MMV). Los virus MDMV y SCMV están ampliamente difundidos en los trópicos; estos virus son transmitidos mecánicamente por la savia de la planta a través de un áfido vector (*Rhopalosiphum maidis*) y afectan varios cultivos de cereales y la caña de azúcar.

Los primeros síntomas son la presencia de un mosaico de tejidos verdes y cloróticos en las hojas jóvenes; más adelante, estas hojas muestran bandas cloróticas generalizadas y la planta puede tomar un color púrpura y quedar enana, también se puede producir aborto de mazorcas y una alta disminución del rendimiento (Figura 1.52).



Figura 1.52. Síntomas visuales de la enfermedad mosaico del maíz

Fuente. CYMMIT (2004).

OTRAS PLAGAS DEL MAÍZ

Roedores

Los roedores son plagas que muchas veces pasan inadvertidas, sin darle la debida importancia. Las ratas y los ratones representan un problema muy serio en el proceso de manejo y conservación de granos y productos alimenticios.

Los roedores representan un peligro muy serio para la salud del hombre y de los animales domésticos, pues además de alimentarse de los granos almacenados, son transmisores de enfermedades como la leptospirosis.

Aves

Las aves también causan daños considerables en el maíz tanto en campo como en proceso del secado y el almacenaje

Cosecha

La cosecha del maíz seco se puede realizar de dos formas. Manual y mecanizada. Esta actividad se debe realizar cuando el maíz alcanza la madurez fisiológica. La recolección de las mazorcas se debe efectuar, tan pronto como se pueda después que el maíz alcanza la madurez fisiológica, para evitar pérdidas por pudrición, causadas por hongos; infestación por plagas (gorgojos, termitas) o cualquier otro factor que perjudique la producción; así como ataque por roedores y pájaros que causan severos daños cuando el maíz está seco y se demora la recolección.

Cosecha mecanizada

La cosecha mecanizada requiere de diferentes condiciones para que se pueda realizar con éxito, como: nivelación del terreno, áreas de cierta dimensión, ya que en parcelas pequeñas no es económicamente factible el uso de máquinas cosechadoras de alta productividad, el largo de las hileras debe ser de alrededor de 500 m y la topografía del terreno debe ser plana o casi plana. En el mercado existen diferentes modelos de cosechadoras de maíz, estas máquinas realizan la labor de corte de la planta, despaje de la mazorca, desgrane, limpieza

del grano, ensaque o depositan el grano en un contenedor de una carreta o camión, además pueden esparcir los residuos de la cosecha (tallos, hojas, pajas de la mazorca, tuza de forma uniforme en el terreno o lo pueden empacar en briquetas comprimidas para utilizarlas en la alimentación animal.

Cosecha manual

La cosecha manual se realiza en maíz para consumo verde como choclo y en maíz seco. Generalmente se realiza en parcelas pequeñas o en áreas de topografía ondulada, como el caso de algunas zonas de la cordillera de los andes, por ejemplo, en áreas pertenecientes a la provincia de Loja.

En caso de maíz seco se puede realizar haciendo pilas o tongas de mazorcas con paja, para después colocarlas en sacos o directamente en sacos, si se trata de maíz verde, para realizar humitas, tamales, cachapas, arepas, caldos, etc. Se realiza de forma manual colocando las mazorcas directamente en sacos.

Para realizar esta actividad de recolección del maíz verde, se necesita de cierta práctica, se presiona en la base de la mazorca, justo en la unión con el tallo, con una mano y con la otra mano se tira con fuerza hacia abajo, partiendo el raquis de la mazorca en su base, de lo contrario resulta difícil retirar la mazorca, la cual puede contener partes del raquis, que ocupan espacio y pueden romper los sacos.

Manejo postcosecha del maíz

Luego de la cosecha, el maíz se puede secar en mazorca antes del desgrane; o si la mazorca tiene un porcentaje de humedad que permita el desgrane sin dañarlo, se puede desgranar y luego secar solo el grano. Esto se realiza sobre patios de concreto, toldos, mantas plásticas, techos de casas o sobre un tinglado de madera. Un buen secado hace que el grano sea más resistente al ataque de insectos u hongos y reduce el riesgo de germinación en el almacén. El manejo del grano de maíz después de la cosecha es muy importante para mantener la buena calidad, tanto para el consumo de las familias como para la comercialización.

Comercialización del maíz

La comercialización de los productos agropecuarios es una etapa tan importante como la producción, y en muchos casos puede implicar diferencias significativas en la rentabilidad de la actividad.

El precio de comercialización del quintal de maíz duro amarillo, lo establece el Ministerio de Agricultura y Ganadería, es el precio que la industria debe pagar al productor por el quintal de maíz seco (13 % humedad) y limpio (1 % de impurezas) en centro de acopio. Para el cálculo del precio de comercialización se toma en cuenta el costo de producción de maíz en el país y se compara con el precio que le costaría a la industria importarlo desde otro país. En ningún caso el precio de comercialización será inferior al costo de producción más una rentabilidad; para este año 2025 se estableció un precio mínimo de 17,5 USD el quintal (MAG, 2025).

CONCLUSIONES

Actualmente se acepta que el maíz es originario de México, es un cultivo muy versátil, que se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas, se cultiva en zonas tropicales y subtropicales de ambos hemisferios, con buenos rendimientos agrícolas, tiene alta demanda tanto en la alimentación de las personas, como de animales, sobre todo en gallinas ponedoras, pollos de engorde y cerdos; lo que lo ha convertido, en el cereal que alcanza la mayor producción a nivel mundial, superando al trigo y el arroz. Constituye un alimento básico para la población rural de América Latina. Se consume en todos los continentes, como choclo y maíz seco, este último en harinas y tortillas.

Es una planta monoica, de la familia de las poáceas (gramíneas), las flores masculinas y femeninas están bien diferenciadas en la misma planta, generalmente de fecundación cruzada; sus etapas de crecimiento están bien identificadas. El conocimiento del tiempo que dura cada fase fenológica es fundamental para desarrollar un manejo agronómico acorde a sus exigencias: de control de arvenses, aporque, riego de agua, monitoreo fitosanitario, fertilización y cosecha sin que se afecte el rendimiento en grano de maíz.

Se trata de un cultivo susceptible, en la etapa de campo, al ataque de varios insectos plaga, enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y daños causados por aves y roedores, también puede sufrir daños en el almacenaje, si las condiciones no son las adecuadas, por gorgojos que destruyen los granos, hongos, si hay un exceso de humedad, pájaros y roedores.

Es viable el uso de la mecanización, siempre y cuando se trate de fincas grandes y que el suelo sea de topografía plana a casi plana. Actividades como siembra, aporque, control de arvenses y cosecha se puede realizar con máquinas, lo que favorece considerablemente la productividad y humaniza el trabajo de los obreros agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agri Bio (2020).
<https://www.agribio.com.ar/noticias/bioinsecticidas-para-el-control-de-sitophilus-zeamais-en-maiz-almacenado>
- Agroproductores (2025). <https://agroproductores.com/gusano-elotero-helicoverpa-zea/>
- Amores, F. (1992). Clima, suelos, nutrición y fertilización de cultivos en el litoral ecuatoriano. Manual Técnico No. 26 Estación Experimental Pichilingue. INIAP & IPOFOS.
- Andrade, F. H; Echeverría, H. E; González, N. S; Uhart S. A; Darwich, N. A. (1995) Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín Técnico 134. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA). Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- Arango, L. A. (2018) Componentes del maíz en la nutrición humana. Escuela de nutrición y dietética, Universidad de Antioquia, Colombia.
- Arrieta, K; Salazar, C; Campo, O; Villareal, N. (2007). Enfermedades patógenas en los híbridos de maíz (*Zea mays*) en el medio y bajo sinú del departamento de Córdoba. 2007. Temas Agrarios, 12(1), 58-69.
- Barraco, M; Díaz-Zorita, M. (2005). Momento de fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en hapludoles típicos. Ciencia del suelo v.23 n.2 Buenos Aires ago./dic. 2005.
- Beltrán, A. J. (2010). Abonado de los cereales de primavera: maíz. Capítulo 17 de la II Parte de Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España https://www.acefer.com/Parte_II_y_Apendice.pdf. NIPO: 770-10-150-4ISBN: 978-84-491-0997-3. Depósito Legal: M-27226-2010.
- Bolufer, P. (2010). Institut Químic de Sarrià (IQS). <http://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/44231-La-fotosintesis-C4-de-alto-rendimiento.html>
- Bravo, A. L (2005) El maíz en Ecuador, experiencias locales.
- Castellanos, L; de Mello, R., da Silva, G., Silva, C., Fernández, O., Pereira, R., Rosatto, L; Álvarez, R. (2015). Daños por *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz función de nitrógeno, potasio y silicio. Revista Protección Vegetal, 30

- (3), 176-184. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n3/rpv03315.pdf>
- Castro, R. M., Mejía, K. (2011). Preferencia alimentaria de *Pagiocerus frontalis* en variedades de maíz en el distrito de coya provincia de Calca. Seminario de investigación Universidad de San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Ciencias Biológicas. Carrera Profesional de Biología, 53 pág.
- Del Maíz. Inf. (2025). Enciclopedia ilustrada <https://delmaiz.info/caracteristicas/>
- Del Rio, L., Melara, W. (1991) Dispersión de *Stenocarpella maydis* (Berk.) Sutton en un cultivo de maíz. CEIBA, 32 (2), 133-140.
- De la Torre, E., Rangel, D., Galeana, E., Plasencia, J. (2014). Síntesis y función de la interacción *Fusarium verticillioides* maíz. 2014. TIP Revista Especializada Ciencia Química Biológica, 17(1), 77-91.
- Ellis, R.H., Summerfield, R.J., Edmeades, G.O. & Roberts, E.H. (1992). Photoperiod, temperature, and the interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. *Crop Sci.*, 32: 1225-1232.
- Esau, K. (1977). Anatomy of seed plants, 2nd Ed. New York, NY, USA, J. WILEY & SONS. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-fenologia-del-maiz-y-su-relacion-con-la-incidencia-de-plagas>
- Estay, P., & Vitta, N. (2017). Gusano del choclo o del fruto en tomate. Ficha técnica 44 Sanidad Vegetal. Obtenido de: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/FichasTecnicasSanidadVegetal/Ficha%20044%20Gusano%20del%20choclo%20o%20del%20fruto%20del%20tomate.pdf>
- Estrada Martínez, M. E. (2022). Principales insectos plaga del maíz (*Zea mays* L.) en Ecuador. Revista Científica Agroecosistemas, 10(3), 182-191.
- FAO (1993). El maíz en la nutrición humana (Colección FAO: Alimentación y nutrición, No. 25) ISBN 92-5-303013-5
- FAOSTAT (2024). Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

- Faiguenbaum, H. (1990). Crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz. p. 51-75. *In* H.
- Feldman, L. (1994). The maize root. *In* M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 29-37. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
- Ferrari, MC; JJ Ostojic; GN Ferraris; LA Ventimiglia; HC Carta; SN Rillo. (2001). Momento de aplicación de fertilizante nitrogenado en maíz de siembra directa. VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino 7 al 9 de noviembre de 2001.
- Figueroa, E; Benítez, C. (2010). Fertilización potásica en maíz, en suelos del departamento de Mercedes (Corrientes) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Mercedes. Hoja informativa No. 19.
- Garay, J. y Cruz, J. (2015). El cultivo del maíz en San Luis. Información Técnica 188 ISSN 0327-425X. INTA.
- García, F. (s/f). Fertilización de Maíz en la Región Pampeana. *INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur. Av. Santa Fe 910 - (B1641ABO) Acassuso - Argentina e-mail fgarcia@ppi-ppic.org*
- García, J. y Espinosa (2009). Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas*. 72: 1-5.
- García, G., Tarango, S. (2009). Manejo birracional del gusano cogollero del maíz. Folleto técnico no.30. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf
- Garcés, F. R., Aguirre, A. J., Carbo, J. J., & Liuba, G. A. (2011). Severidad de *Curvularia* en 67 líneas autofecundadas S4 de maíz amarillo. *NOTATECNICA en Ciencia y Tecnología*, 4 (2), 39-44.
- Gástélum, R. F., Lizárraga, G., Maldonado, I., Leyva, K., Herrera, G., Espinoza, S. (2018). Confirmation of the identity of *Exserohilum turcicum*, causal agent of maize leaf blight in Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología*, Publicación en Línea: 468- 478.

- González, F; Campos de los Reyes, R; Santiesteban, E. (2013). Tecnología mecanizada para la siembra directa y de mínimo laboreo en los cultivos de maíz y frijol, en las provincias de Matanzas y Ciego de Ávila Revista Ingeniería Agrícola, vol. 3, núm. 1, enero-abril, 2013, pp. 68-74 Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola La Habana, Cuba.
- Guacho, E. (2014). Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Río Bamba, Ecuador
- Guevara, D. J., Araya, J. A., Huerta, A., & Chiffle, I. (2018). Extracts of *Schinus molle* and *Artemisia absinthium* against *Helicoverpa zea* on fresh ear corn in Ecuador. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences ex Agro-Ciencia, 34(3), 216-225. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071938902018000300216&script=s ci_abstract&lng=pt
- Gutiérrez-Boem, F.H. y Thomas, G. W. (2001). Leaf area development in soybean as affected by phosphorus nutrition and water deficit. J. Plant Nutr. 24, 1711-1729.
- Hernández, A., Aguirre, L. A., Flores, M., Cerna, E., Londeros, J., Ochoa, Y., & Frías, G. A. (2016). Incidencia y severidad de pudrición de mazorcas de maíz genéticamente modificado y convencional en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7 (6), 1477-1484.
- Hernández, A., Osorio, E., Santillán, J. A., Velasco, C., Valera, S. E., R. Rodríguez. (2018). Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Agro productividad, 11(1), 9-14.
- Ibarra, A. A; R Flores, L. C; Molina, J; Zuñiga Moreno, Luis Eduardo (2023). Análisis de la cadena agroalimentaria del maíz en Ecuador. Pol. Con. (Edición núm. 78) Vol. 8, No 1 Enero 2023, pp. 1862-1873 ISSN: 2550 - 682X DOI: 10.23857/pc.v8i1
- Incremona, M., del Pilar, M., Chio, A. N., Salinas, A. R. (2015). Infección fúngica en tejidos de cariopsis de maíz y su

- incidencia en la calidad sanitaria. Revista Caatinga, 28 (1), 1-12.
- INFOAGRO (2012). Control preventivo de arvenses resistentes a herbicidas.
- INTAGRI (2017a). El Huitlacoche en el Maíz: Organismo Patógeno o Benéfico. Serie Fitosanidad. Núm. 77. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
- INTAGRI (2017b). El carbón de la espiga en el cultivo de maíz. Serie Fitosanidad, 80, Artículos Técnicos de INTAGRI, México, 4 pág.
- INTAGRI (2017c) Síntomas visuales de deficiencia de fósforo en los cultivos. Serie Nutrición Vegetal Núm. 103, México
- Irañeta, J., Orcaray, L., Rodríguez, J., Malumbres, A., Bozal, J. Díaz, E., Torrecilla, J. (2017) Elección de los abonos, dosis y momentos de aplicación. Fertilización razonada del maíz. INTIA
- Lapaire, C., & Dunkle, L. (2003). Microcycle conidiation in *Cercospora zeae-maydis*. Phytopathology, 93(2), 193-199. DOI:10.1094/PHYTO.2003.93.2.193
- Lazcano, I. (1997). Maximice la eficiencia de su fertilizante mediante curvas de absorción de N, P, y K en maíz de grano. Informaciones Agronómicas 2(3):1-4
- MAG, (2019). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.forbes.com.ec/rankings/las-provincias-lideres-produccion-maiz-ecuador-n60447>
- MAG (2023). Producción de maíz por provincias en Ecuador, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- MAG. (2025) Precio del quintal de maíz amarillo. <https://www.primicias.ec/economia/ecuador-precio-quintal-maiz-amarillo-ministerio-agricultura-93487/>
- Manual Agropecuario (2001). Cultivo de maíz. 3ra Edición Barcelona-España: Idea Books. 471-476 pp.
- Martínez, D.; Martínez, M.; Odetti, J.; Guerra, C. Bongiovanni, M. (2015). Respuesta a la densidad de siembra de híbridos de maíz en Villa Mercedes (San Luis), campaña 2011/12. Capítulo del libro Garay, J. y Cruz, J. (2015) El cultivo del maíz en San Luis. Información Técnica 188 ISSN 0327-425X. INTA.

- Ngugi, H. K., Julian, A. M., King, S. B., Peacocke, B. J. (2000). Epidemiology of sorghum anthracnose (*Colletotrichum sublineolum*) and leaf blight (*Exserohilum turcicum*) in Kenya. *Plant Pathology*, 49, 129-140.
- Okori, P. (2004). Population studies of *Cercospora zeae-maydis* and related *Cercospora* fungi. Tesis Doctoral. Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia Uppsala. Obtenido de: <https://pub.epsilon.slu.se/611/>
- Paliz, V. N., Mendoza, J. R. (1999). Plagas del maíz (*Zea mays*) en el litoral ecuatoriano, sus características y control. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional de Sanidad Vegetal. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1616>
- Paliwal, R.; Granados, G.; Lafitte, H.; Violic, A; Marathée, Jean-Pierre (2001). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO. Producción y protección vegetal No. 28. ISSN 1014-3041, Roma.
- Parra, R., Valverde, F., Alvarado, S. (2010). Manejo de nutrientes por sitio específico con labranza mínima. Experiencias en generación de recomendaciones de fertilización en Maíz (*Zea mays* L.), provincia Bolívar. Memorias del XII congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo, Santo Domingo, Ecuador.
- Pérez, H., Santana, I. y Rodríguez, I. (2016). Manejo Sostenible de Tierras en la Producción de Caña de Azúcar Tomo II. Segunda Edición. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. ISBN: 978-9942-24-030-9.
- Pereyda, J., Hernández J., Sandoval J. S., Aranda, S., de León, C. & Gómez, N. (2009). Etimología y manejo de asfalto (*Phyllachora maydis* Mauld) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia*, 43 (5), 511-519.
- Programa de Maíz del CIMMYT (2004). Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F.: CIMMYT
- Rázuri, V. (1974). Biología y comportamiento de *Elasmopalpus lignosellus* Zeller en maíz. *Revista Peruana de Entomología*, 17 (1), 74-77. <https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v17/pdf/a14v17.pdf>

- Ritchie, S. W; Hanway, J. J. (1982). How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special Report N° 48.
- Rodrigues, G., Henrique, P., de Godoi, Agustini, M.C., Barbosa, H., Rocha, D., de Souza, D. (2014). Sanitary analysis, transmission and pathogenicity of fungi associated with forage plant seeds in tropical regions of Brazil. *Journal of Seed Science*, 36 (1), 054- 062.
- Romero, A. K., Huezó, L. A. (2011). Evaluación de seis productos químicos y dos microbiológicos para el manejo de Coramillo (Lepidóptera: Pyralidae) *Elasmopalpus lignosellus*, Zeller en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L.) en los departamentos de Usulután y Sonsonate. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de El Salvador, 102 pág.
- Sainz Rozas H., H. Echeverría, G. Studdert y F. Andrade (1999). No-till maize nitrogen uptake and yield: Effect of urease inhibitor and application time. *Agron. J.* 91:950-955.
- Serra, G. V., Trumper, E. V. (2020). Incidencia de *Diatraea saccharalis* (Lepidóptera: Pyralidae) sobre el rendimiento del cultivo de maíz y cálculo de los niveles de daño económico. *Agriscientia*, 37: 63-73. <http://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v37n1/1668-298X-agrisc-37-01-63.pdf>
- Sillón, M., & Fontanetto, H. (2011). Epidemiología de las principales enfermedades fúngicas de maíz, cuantificación y principios de manejo. *Información Técnica Cultivos de Verano. Publicaciones Miscelánea*, 131, 129-135.
- Singh, V.; C.K. Pallaghy y D. Singh. (2006). Phosphorus nutrition and tolerance of cotton to water stress I. Seed cotton yield and leaf morphology. *Field Crop Res.* 96:191-198.
- Snetselaar, K. M., & Mims, C.W. (1993). Infection of maize stigmas by *Ustilago maydis*: Light and Electron Microscopy. *Phytopathology*, 83 (8), 843-850.
- Terrón, R., Carmona, J., Cebada, J., & Munive, J. (2012). Patogenicidad bacteriana en maíz (*Zea mays*). *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 1(1), 1-15.

- Torres, M., Melgar, R. (s/f). Manejo de la Fertilización en Maíz, Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino; os/manejo%20de%20la%20fertilización%20en%20maiz.asp
- Troya, C., Vaca, L. (2016). Manual para la Red Nacional de Vigilancia Fitosanitaria. Sensores fitosanitarios acuerdo AGROCALIDAD- PITPPA. Obtenido de: <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2016/01/manual-Sensores-para-la-web.pdf>
- Tulli, M. C., Pascucci J. I., Vincini, A. M., Carmona, A. M., & Baquero, V. G. (2016). Bioecología de *Helicoverpa zea* (Lepidóptera: Noctuidae) en cultivos de maíz dulce con diferente manejo de hábitat. Entomotrópica, Vol. 31 (3), 23-35. https://sventomologia.org/wp-content/uploads/2020/08/2016_313_23-35.Pdf
- Uhart, S. A; Echeverría, H. E. (1998). El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada y fosforada. Semillas híbridas. http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_0032/0901b8038003272b.pdf?filepath=ar/pdfs/noreg/013-53003.pdf&fromPage=GetDoc
- Unda, J. R., Orellana, A. H., & Estévez, E. C. (1986). Estudios del "volcamiento del maíz" en Santa Catalina INIAP. XII Reunión de Maiceros de la Zona Andina: Memorias (pp.278-285), Quito, Ecuador. INIAP/CIMMYT. Obtenido de: <http://repositorio.iniap.gob.Ec/handle/41000/4202>
- Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, J. B. (2008). El nim: insecticida botánico para el manejo de plagas agrícolas. INIAP. Boletín Divulgativo, No 336, 16 p. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1164>
- Vares, F. (1984). Algunas enfermedades criptogámicas del maíz. Hojas divulgadoras No 8. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ISBN 84-341-0363-X.
- Vela, E. (2021). Taxonomía y botánica del maíz. Arqueología Mexicana, edición especial, núm. 98, pp. 12-13.
- Velázquez J. C., (2015). Enfermedades foliares en maíces tardíos en Entre Ríos. Patología Vegetal. INTA-EEA Paraná.

- Obtenido de: https://inta.gob.ar/sites.../script-tmp-inta_enfermedades_foliares_en_maices_tardios
- Ventimiglia, L. y Torrens, L. (2013). Momento de aplicación de nitrógeno en maíz. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler" UCT Agrícola Ganadero del Centro AER 9 de Julio INTA.
- Vintimilla, M., Bravo, C., Larriva, W., Quillay, N., Padrón, S., Vacacela, H., Garcés-Carrera, S. (2022). Catálogo de insectos plaga postcosecha en granos de maíz y fréjol en las provincias de Azuay y Cañar. Gualaceo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental del Austro, Departamento de Protección Vegetal. (Boletín Técnico No. 183) 52p.
- Vera, N.; Vivas, H.; Rubio, G.; Tolozano, B. Cuatrín, A. (2010). Repuesta del cultivo del maíz a la aplicación de fósforo en condiciones de estrés hídrico. INTA - Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica cultivos de verano. Campaña 2010. *Publicación Miscelánea N° 118*.
- Villavicencio, P, Zambrano J. L. (2014). Guía para la producción de maíz amarillo duro, en la zona central del litoral ecuatoriano. INIAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue. Boletín divulgativo No. 353. Quevedo, Ecuador.
- Yáñez, C; Zambrano, J; Caicedo, M. (2013). Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Quito, Ecuador. INIAP, Programa de Maíz, 28p, (Guía No 96).
- Zambrano, J. L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortiz, R., León, J., Campaña, D.†, López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín G., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M. (2021). Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. INIAP, Manual No. 122. Quito, Ecuador. ISBN: 978-9942-40-645-3
- Zárate, L. L., Rodríguez, L. V., Espinoza, R. R. (2016). Biología de *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lepidóptera: Pyralidae) alimentado con dos tipos de *Zea mays* (L.). Pueblo Continente, 8(1), 85-93. <http://journal.upao.edu.pe/Pueb>.

CAPÍTULO II

COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO Y AGRONÓMICO DE DIFERENTES CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA GRANJA SANTA INÉS

Irán Rodríguez Delgado, Hipólito Israel Pérez Iglesias.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realizó con el objetivo, de evidenciar el efecto de cuatro cultivares de maíz en el desarrollo de parámetros morfológicos, agronómicos y producción de biomasa verde, en las condiciones edafoclimáticas de la granja Santa Inés. De acuerdo a estudios recientes existen 25 razas de maíz ecuatoriano. El 18% corresponde a las variedades de maíz que pertenecen al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de Ecuador, por lo que está en el tercer lugar de acuerdo a la diversidad de cultivo a nivel mundial (Eguez et al., 2019).

Entre los cultivares más usados, se destacan el Dekalb 7508 y el INIAPH-603, por su buena adaptabilidad en campo y sus buenos rendimientos, aunque, también existen otros cultivares muy buenos, los cuales no se conoce como es su comportamiento dentro de la provincia de El Oro y mucho menos en las condiciones edafoclimáticas del cantón Machala. Entre los aspectos que se observaron se destacan el crecimiento de la planta, (altura y grosor), el número de hojas totales, activas y la producción materia vegetal.

En Ecuador el maíz juega un rol muy importante en cuanto a producción y alimentación, las superficies con mayor porcentaje sembrada corresponden a cultivares de maíz duro amarillo, mientras que el maíz blanco como choclo es más cultivado por pequeños productores. Existe mucha variedad de diferentes razas de maíz, adaptadas a distintas condiciones como, tipos de suelo, altitud y ecosistemas. Con respecto a la producción de biomasa verde se destaca el cultivar Dekalb 7508 como, el mayor productor y el cultivar Soma como el que menos produce.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en el área agrícola de la granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, ubicada en Av. Panamericana, 5,5 km vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio, en el cantón Machala, provincia de El Oro. La granja Santa Inés se encuentra en las coordenadas geográficas 79°54'05" de longitud Oeste, 3°17'16" de latitud Sur, a una altitud de 5 msnm.

Caracterización del área experimental **Suelo**

El suelo donde se desarrolló el experimento es de formación aluvial, pertenece al orden Inceptisol, sus características principales son: clase textural franca, buen drenaje y un pH ligeramente alcalino, con rangos entre 7.0 a 7.9. (Villaseñor et al., 2015).

Condiciones climáticas

Los parámetros climáticos medios de la granja Santa Inés durante los meses que duró la investigación (octubre a diciembre) fueron los siguientes:

- Temperaturas: máxima de 27,74°C y mínima de 21,52°C.
- Velocidad del viento: 1,46 km/h.
- Precipitación: 4,92 mm.
- Horas luz: 1,61 horas promedio por día.
- Humedad relativa: 83 %.

Diseño experimental y tratamientos

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño cuadrado latino simple 4x4, debido a que se manipuló el factor de estudio (cultivares), con cuatro versiones (Dekalb 7508, Soma, Advanta 9313 y Pionner 4039) y dos factores no

controlados, los cuales fueron bloqueados mediante columnas e hileras con la finalidad de minimizar su efecto en las variables de estudio. Los tratamientos utilizados se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Tratamientos que conforman el factor de estudio manipulados en la investigación.

Tratamientos	Cultivares de maíz
T ₁	Dekalb 7508
T ₂	Soma
T ₃	Advanta 9313
T ₄	Pionner 4039

Croquis del experimento

Distribución aleatoria de los tratamientos, en las unidades experimentales del diseño experimental (Figura 2.1).

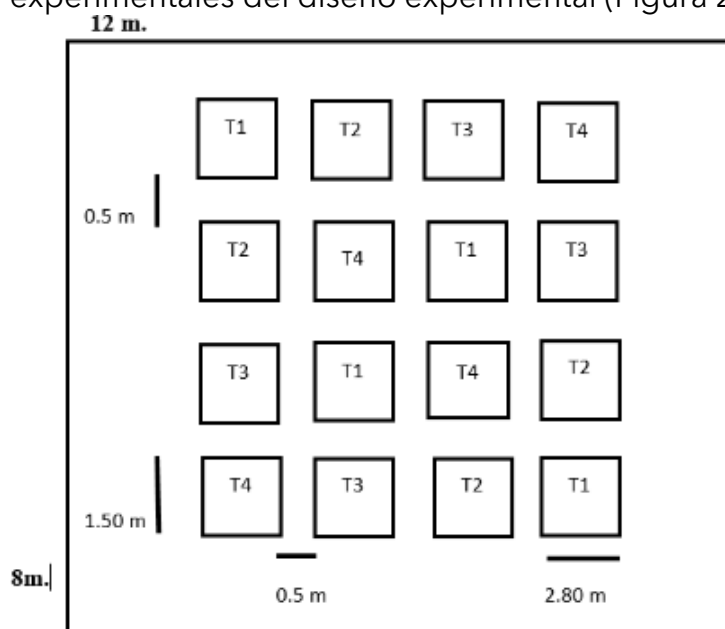


Figura 2.1. Esquema del croquis del experimento y distribución aleatoria de los tratamientos por columnas o hileras de forma independiente en las unidades experimentales.

Características de los cultivares de maíz utilizados

Dekalb 7508

Este cultivar posee buena adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, el color del grano es amarillo-anaranjado, resistente a insectos plagas y enfermedades, con buenas características morfológicas. El ciclo hasta la cosecha como maíz seco es 120 a 150 días.

Soma

Presenta buena adaptación en distintas zonas subtropicales, es un poco susceptible a insectos plagas y enfermedades, cuenta con buenas características agronómicas y sus días de cosecha son de 140 a 150 días.

Advanta 9313

Posee un alto rendimiento y coloración de granos lo que lo hace muy atractivo en el mercado, sin contar con sus buenas características agronómicas y buena adaptabilidad a zonas tropicales.

Pionner 4039

Es un híbrido con una buena adaptabilidad a zonas tropicales y subtropicales, su color de grano es amarillo, posee un alto rendimiento y sus días de cosecha son de 135 a 170 día.

MONTAJE DEL EXPERIMENTO EN EL CAMPO

Las labores realizadas para el establecimiento del experimento, consistieron en: roce de las arvenses, preparación del suelo de forma manual a una profundidad de 20 cm con azadón, surcado, replanteo del diseño experimental y siembra. En la Figura 2.2 se puede apreciar al estudiante realizando las diferentes labores.

Cultivo de maíz. Compilación de trabajos de titulación y artículos científicos realizados por estudiantes de agronomía de la UTMACH



Figura 2.2. Se observa al estudiante realizando las diferentes labores. A. Limpieza del área. B. Preparación del terreno. C. Surcado. D. Replanteo del experimento. E. Siembra de los cultivares de maíz.

Manejo del experimento

Durante los 35 días de duración del experimento se realizaron diferentes labores de manejo agronómico como: control de arvenses, riego de agua de supervivencia, raleo, aporque y control fitosanitario. En la Figura 2.3 se aprecia al estudiante realizando las diferentes labores.



A



B



C



D

Figura 2.3. Se observa al estudiante realizando diferentes labores durante el desarrollo del experimento. A. Raleo. B. Control de arvenses. C. Aporque. D. Control fitosanitario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de plantas a los 15 días después de la siembra (DDS)

La prueba de efectos intergrupos en la altura de planta a los 15 DDS presenta diferencias significativas entre los cultivares a un p-valor $<0,05$. El cultivar que presentó la mayor altura de las plantas fue Advanta 9313 con un valor de 6,7 cm diferente estadísticamente a los demás cultivares. El Dekalb 7508 y Soma mostraron valores de 5,6 cm y 5,5 cm son homogéneos y significativamente menores al Pionner que tuvo una altura de 6 cm (Figura 2.4).

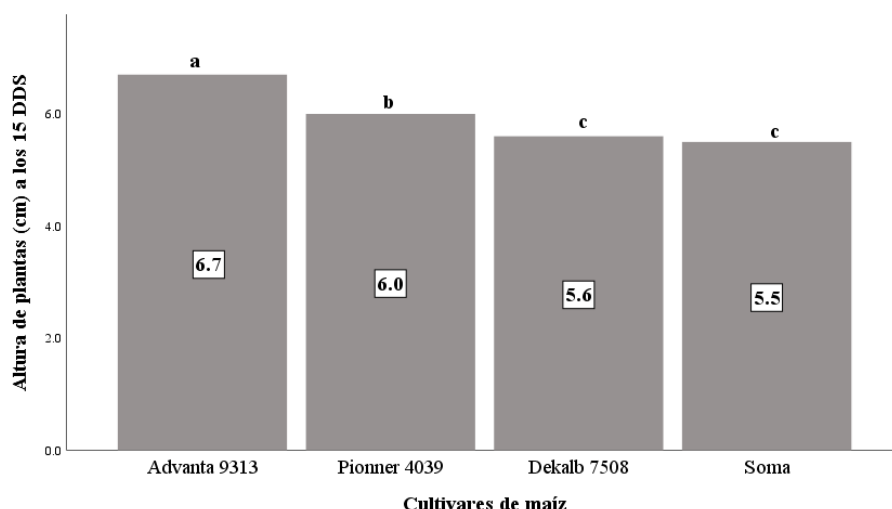


Figura 2.4. Altura de plantas en los cultivares de maíz a los 15 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función de la altura de plantas a los 15 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

Estos resultados coinciden los obtenidos por Roca (2019), en la provincia de los Ríos de Ecuador; quien indica que en la variable altura de las plantas del cultivar Advanta 9313 presentó los valores más altos.

Diámetro de tallo de las plantas a los 15 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el diámetro del tallo de las plantas de maíz a los 15 DDS, fue significativo estadísticamente entre los cultivares a un p valor $<0,05$. En la variable diámetro del tallo de las plantas de maíz a los 15 DDS, el cultivar Advanta 9313 presentó el mayor grosor (0,57 cm) siendo diferente estadísticamente a los demás cultivares. Pionner 4039 mostró un diámetro de 0,53 cm y muestra homogeneidad con el Dekalb 7508, cuyo tallo tuvo un grosor de 0,51 cm, ambos cultivares son significativamente mayores al cultivar Soma, que presentó un valor de 0,48 cm (Figura 2.5).

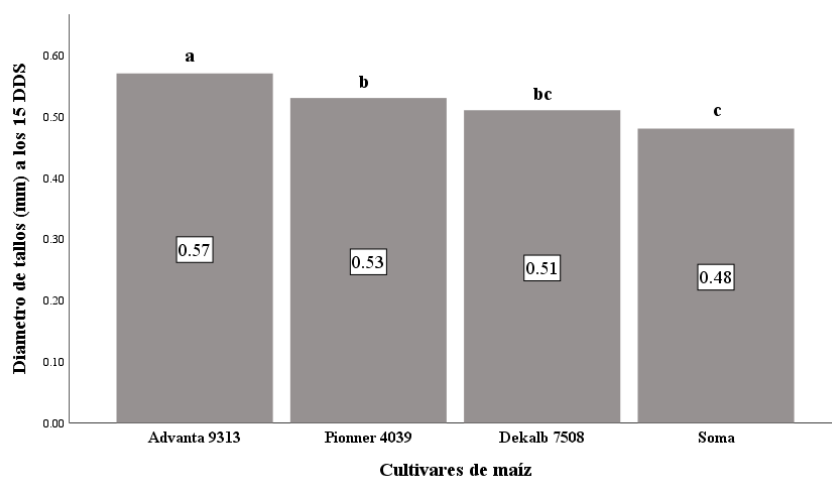


Figura 2.5. Diámetro del tallo en los cultivares de maíz a los 15 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del diámetro de tallos a los 15 DDS para un p -valor $\leq 0,05$.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en estudios realizados por Rodríguez (2014), el cual reporta, que en el cultivar Advanta, alcanzó el mayor diámetro del tallo en la segunda semana DDS, con diferencias altamente significativas, mientras el cultivar Pionner 4039, presenta homogeneidad con los demás tratamientos, sin diferencias significativas, bajo las condiciones edafoclimáticas del sector Daule-Ecuador.

Número de hojas totales a los 15 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el número de hojas totales a los 15 DDS muestra que no se presentan diferencias estadísticas entre los cultivares al obtener un p-valor $>0,05$. El cultivar Soma mostró la mayor cantidad de hojas con un valor de 4,27, mientras que, los cultivares Pionner 4039 (4,10 hojas), Dekalb 7508 (4,07 hojas) y Advanta (4,02 hojas), presentaron valores más bajos (Figura 2.6).

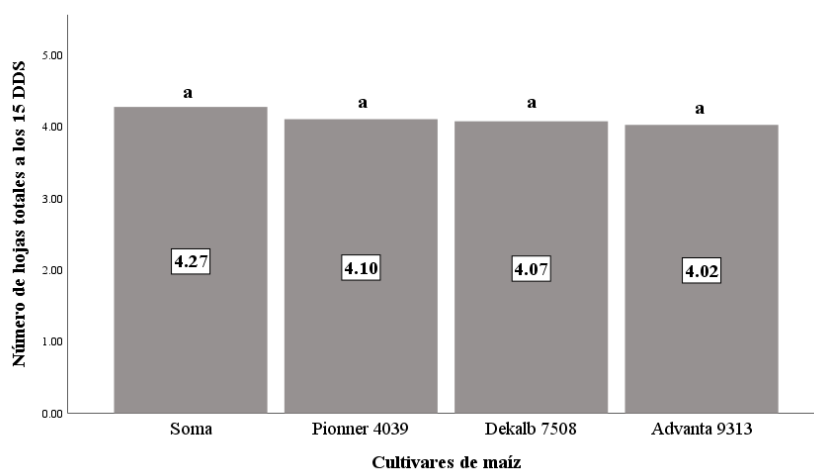


Figura 2.6. Número de hojas totales en los cultivares de maíz a los 15 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del número de hojas totales a los 15 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

Número de hojas activas a los 15 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el número de hojas activas a los 15 DDS presenta homogeneidad entre los cultivares a un p-valor $<0,05$. El cultivar Soma mostró la mayor cantidad de hojas activas con un valor de 2,28, el cuál es significativo, con los demás cultivares; mientras que los cultivares Pionner 4039, Dekalb 7508 y Advanta, son homogéneos, los cuales, presentan valores similares, de 2,10, 2,07 y 2,0 respectivamente. (Figura 2.7).

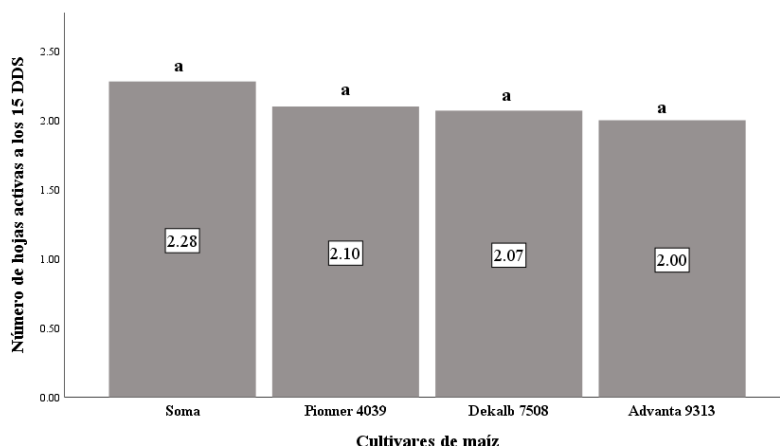


Figura 2.7. Número de hojas activas en los cultivares de maíz a los 15 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del número de hojas activas a los 15 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

Altura de plantas a los 21 DDS

La prueba de efectos intergrupos en la altura de planta a los 21 DDS presenta diferencias significativas entre los cultivares con un p valor $< 0,05$ (Figura 2.8). El cultivar Advanta 9313 presentó la mayor altura de planta con un valor de 9,78 cm, siendo estadísticamente diferente al resto de los cultivares. Mientras los cultivares Dekalb 7508 (8,98 cm) y Pioneer 4039 (8,96 cm), no presentan diferencias estadísticas entre ellos; aunque son significativamente mayores al cultivar Soma (7,87 cm).

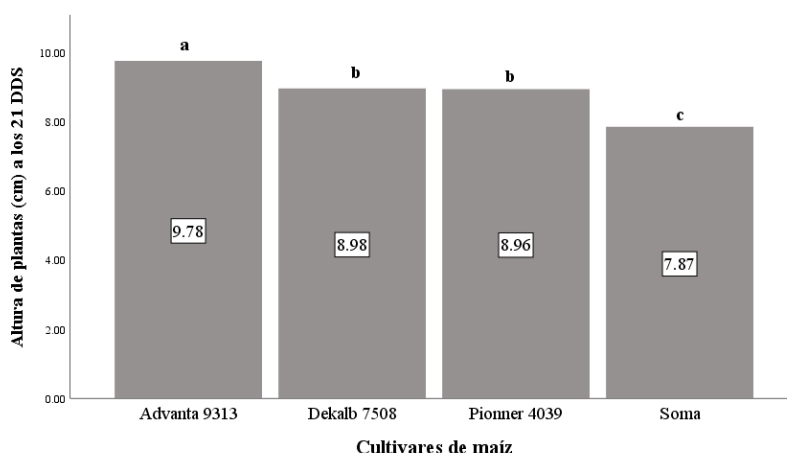


Figura 2.8. Altura de plantas en los cultivares de maíz a los 21 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función de la altura de plantas a los 21 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

Estos resultados difieren de los reportados por Moreira (2019), quien indicia que el cultivar Pionner 4039 presentó mayor altura de las plantas, con diferencia significativa a otros cultivares, bajo las condiciones edafoclimáticas del cantón Mocache, provincia de Los Ríos.

Diámetro de tallos de las plantas a los 21 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el diámetro de tallos de plantas a los 21 DDS presenta diferencias significativas entre los cultivares con un p valor $< 0,05$. El cultivar Dekalb 7508 presentó el mayor grosor del tallo, con un valor de 0,90 cm, sin diferencias con los cultivares Pionner 4039 y Advanta 9313, los cuales mostraron valores de 0,88 cm y 0,87 cm; ambos cultivares son significativamente superiores al cultivar Soma que presentó el menor diámetro del tallo con un valor de 0,68 cm (Figura 2.9).

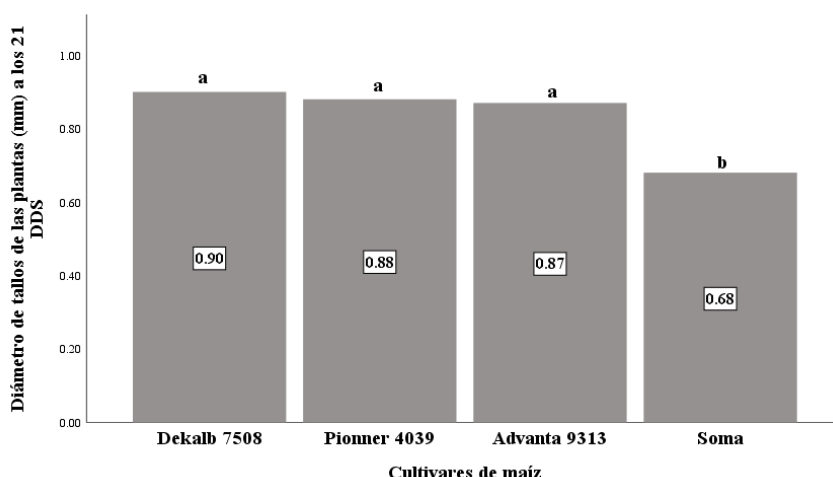


Figura 2.9. Diámetro de tallos de plantas en los cultivares de maíz a los 21 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del diámetro de tallos de plantas a los 21 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

En este estudio el cultivar Dekalb 7508 alcanzó el mayor diámetro del tallo; sin embargo, estudios realizados por García (2016), en el cantón Las Naves de Guayaquil, indican que el cultivar Advanta 9313 presentó el mayor diámetro del tallo, lo cual, puede deberse a factores externos, edafoclimáticos y no propiamente del cultivar.

Número de hojas totales a los 21 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el número de hojas totales a los 21 DDS presenta diferencias significativas entre los cultivares de maíz a un p valor $< 0,05$. El cultivar Dekalb 7508 mostró mayor número de hojas totales, con un valor de 7, siendo estadísticamente diferente al resto de los cultivares que manifestaron valores más bajos. El cultivar Pionner 4039 (6 hojas totales) presentó diferencias estadísticas significativas con los cultivares Advanta 9313 y Soma los cuales mostraron valores similares de 5 hojas totales (Figura 2.10).

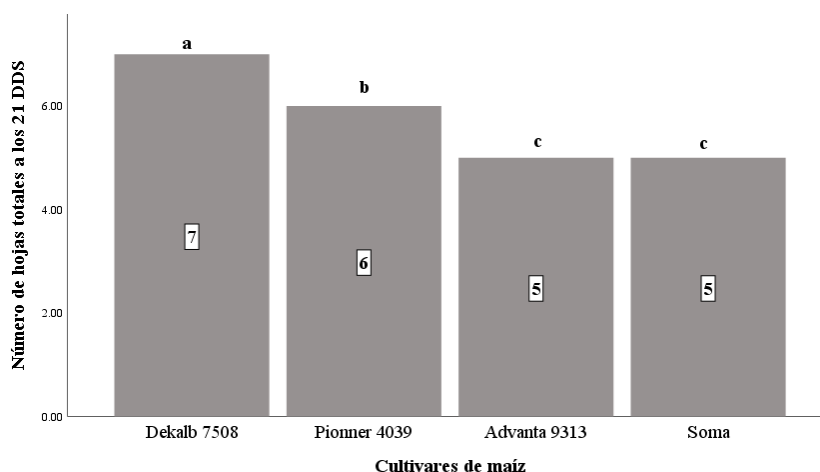


Figura 2.10. Número de hojas totales de los cultivares de maíz a los 21 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del número de hojas totales a los 21 DDS para un p -valor $\leq 0,05$.

El tratamiento Dekalb 7508 obtuvo el mayor número de hojas, siendo significativamente mayor a los demás, resultados similares a los obtenidos por Caicedo (2017) quien indicó que el cultivar Dekalb 7508 presentó mayor número de hojas totales siendo diferente estadísticamente al resto de los cultivares evaluados en su estudio, realizado bajo las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Los Ríos, Ecuador.

Número de hojas activas a los 21 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el número de hojas activas a los 21 DDS, presenta diferencias significativas entre cultivares a un p valor $< 0,05$. Como se muestra en la Figura 2.11, el cultivar de maíz Dekalb 7508 mostró mayor número de hojas activas con un valor de 5, siendo estadísticamente diferente al resto de los cultivares. El cultivar Pioneer 4039 presentó homogeneidad con el cultivar Advanta 9313 con valores de 4 y 3 hojas activas respectivamente. El cultivar Pioneer difiere de forma significativamente superior al cultivar Soma, el presenta el valor más bajo en cuanto hojas activas.

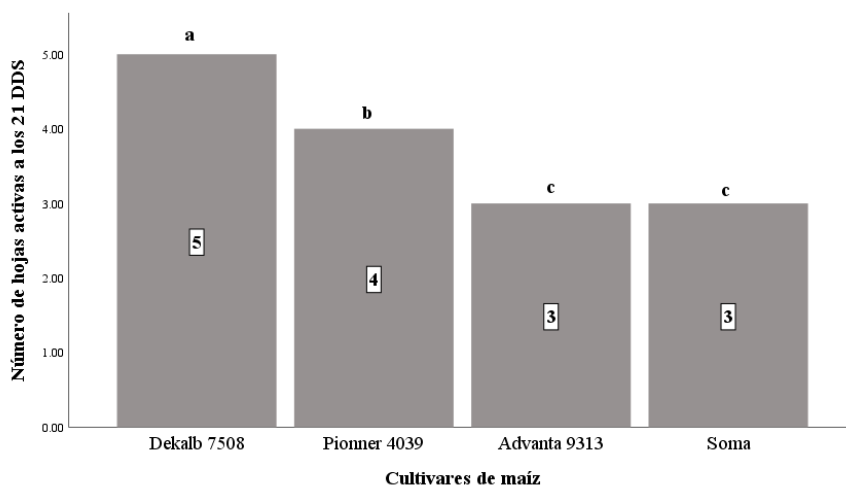


Figura 2.11. Número de hojas activas de los cultivares de maíz a los 21 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del número de hojas activas a los 21 DDS para un p -valor $\leq 0,05$.

El cultivar Dekalb 7508 mostró mayor número de hojas activas, así mismo, Caicedo (2017), indica que el cultivar Dekalb 7508 presentó mayor número de hojas activas siendo estadísticamente diferente al resto de los cultivares evaluados bajo las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Los Ríos, Ecuador.

Altura de planta a los 30 DDS

La prueba de efectos intergrupos en la altura de planta a los 30 DDS presenta diferencias significativas entre los cultivares al obtenerse un p valor $< 0,05$. El cultivar Advanta 9313 presentó mayor altura de planta (14,70 cm) siendo diferente estadísticamente al resto de tratamientos. El cultivar Dekalb 7508 (13,42 cm) mostró un comportamiento similar a Pioneer 4039 (12,69 cm) siendo ambos significativamente mayores al cultivar Soma (10,86 cm) (Figura 2.12).

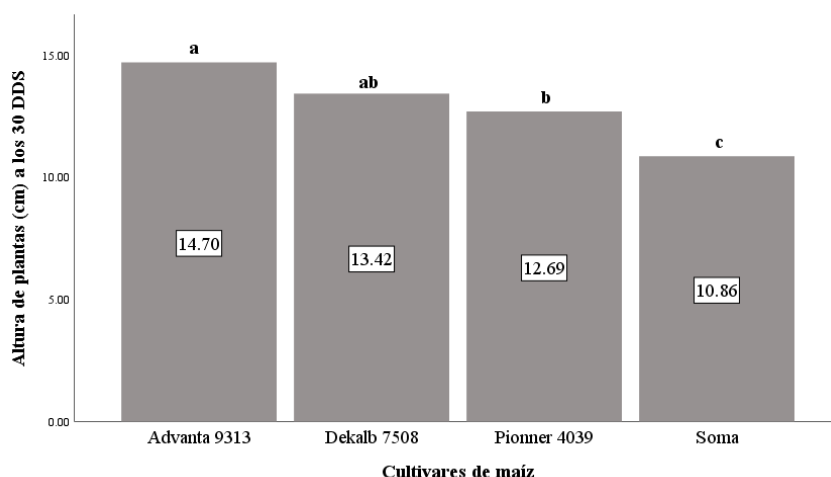


Figura 2.12. Altura de plantas en los cultivares de maíz a los 30 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función de la altura de plantas a los 30 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

A los 30 DDS el cultivar Advanta 9313 alcanzó los mayores valores de altura de plantas que los demás cultivares en la presente investigación, sin embargo, Uzategui (2019), indica que el cultivar Dekalb 7508 presentó mayor altura de las plantas, con diferencia significativa al resto de los cultivares evaluados en su estudio desarrollado en el periodo de febrero a julio de 2017 en Lima, Perú.

Diámetro de tallos de las plantas a los 30 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el diámetro del tallo de las plantas de maíz a los 30 DSS, presenta diferencias significativas entre los cultivares a un p-valor $< 0,05$. Con relación al diámetro del tallo de las plantas de maíz a los 30 DSS, el cultivar Dekalb 7508 tuvo mayor diámetro de tallo (1,25 cm), presentando diferencias significativas con Advanta 9313 y Soma, los cuales alcanzaron 1,16 y 0,99 cm respectivamente, mientras con el cultivar Pionner, que presentó un diámetro de 1,18 no mostró diferencias significativas con Dekalb y Advanta (Figura 2.13).

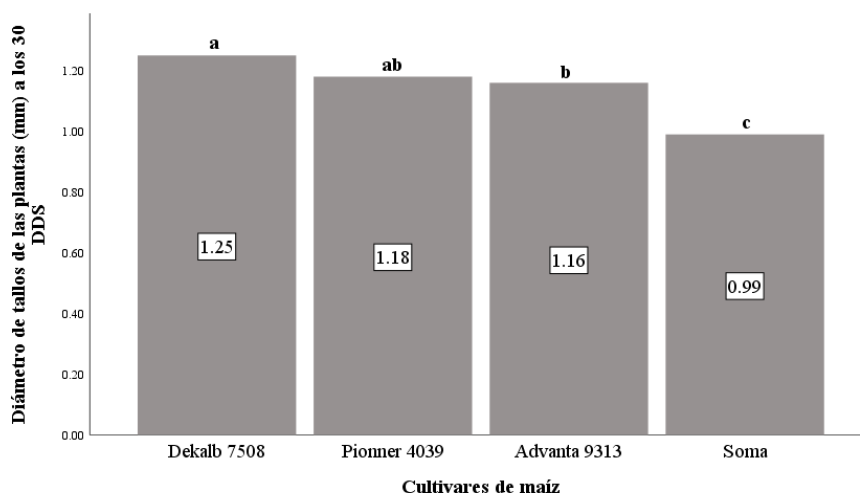


Figura 2.13. Diámetro de tallo de los cultivares de maíz a los 30 DSS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del diámetro de tallos a los 30 DDS para un $p\text{-valor} \leq 0,05$.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Roca (2019), este investigador reporta, que el cultivar Dekalb 9313, presentó el mayor grosor del tallo, con diferencia significativa al resto de los cultivares estudiados; bajo las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Los Ríos, Ecuador.

Número de hojas totales a los 30 DDS

La prueba de efecto intergrupos en el parámetro número de hojas totales en a los 30 DSS presenta diferencias significativas entre los cultivares a un $p\text{-valor} \leq 0,05$. En la cantidad de hojas totales, el cultivar Dekalb 7508 presentó el mayor valor con 8 hojas, siendo diferente estadísticamente del resto de los cultivares. El tratamiento Pionner 4039 presentó resultados similares con Advanta 9313 y Soma, al alcanzar todas las 7 hojas (Figura 2.14).

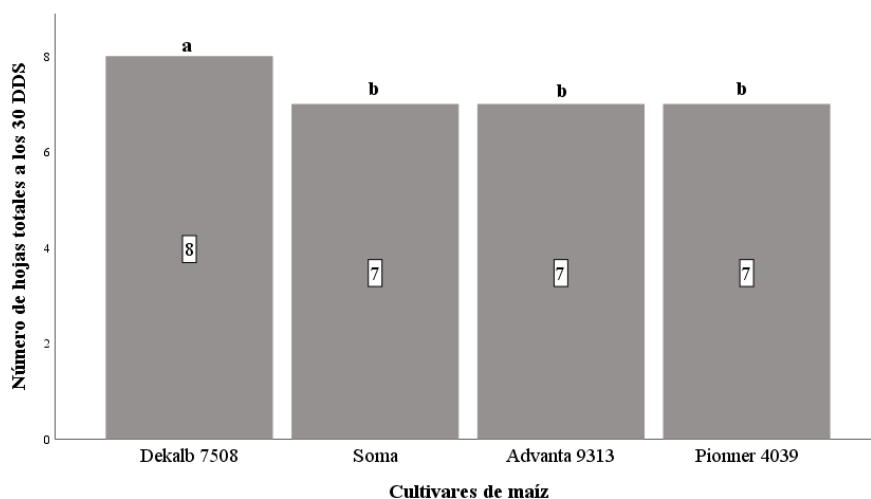


Figura 2.14. Número de hojas totales de los cultivares de maíz a los 30 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del número de hojas totales a los 30 DDS para un p -valor $\leq 0,05$.

Estos resultados no coinciden a los obtenidos por Izquierdo (2012), este investigador indica que el cultivar Advanta 9313, obtuvo el mayor número de hojas, bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayambe, Ecuador. En nuestra investigación, la mayor cantidad de hojas totales que presentaron las plantas de maíz, se observaron en el cultivar Dekalb 7508, lo cual puede deberse, a diferencias en las condiciones edafoclimáticas del lugar donde se realizó el estudio.

Número de hojas activas a los 30 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el número de hojas activas a los 30 DDS presenta diferencias significativas entre los cultivares a un p -valor $< 0,05$. Como se puede apreciar en la Figura 2.15, el cultivar Dekalb 7508 presentó el mayor número de hojas activas (6), siendo estadísticamente diferente al resto de los cultivares que presentaron 5 hojas activas.

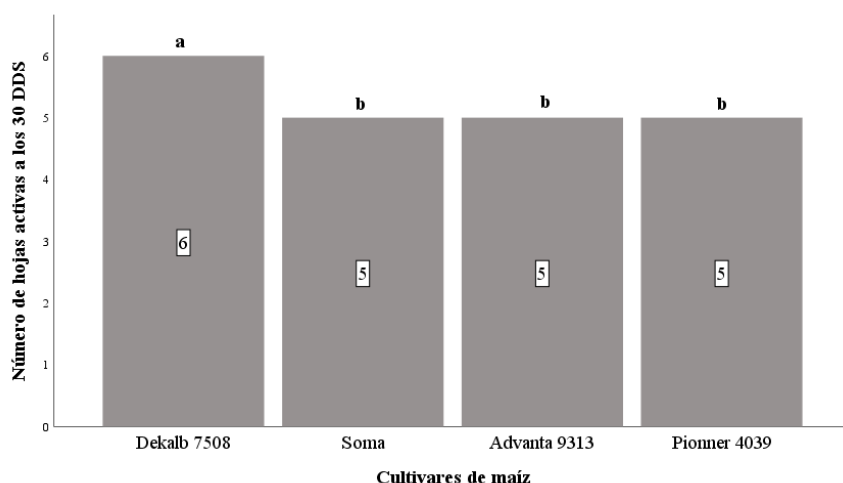


Figura 2.15. Número de hojas activas de los cultivares de maíz a los 30 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del número de hojas activas a los 30 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

El cultivar Dekalb 7508 obtuvo el mayor número de hojas activas, sin embargo, Izquierdo (2012), indica que el tratamiento Advanta 9313 obtuvo el mayor número de hojas, siendo diferente significativamente al resto de tratamientos bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayambe, Ecuador.

Altura de las plantas a los 35 DDS

La prueba de efectos intergrupos en la altura de las plantas de maíz a los 35 DDS presenta diferencias significativas entre los cultivares a un p-valor $< 0,05$. Las plantas del cultivar Advanta presentaron la mayor altura, a los 35 DDS con un valor de 22,48 cm, siendo diferente significativamente al resto de los cultivares. El Dekalb 7508 tuvo homogeneidad con el cultivar Pionner 4039, los cuales presentaron valores de 21,02 cm y 20,39 cm; ambos cultivares fueron significativamente mayores al Soma que mostró el menor valor de 14,57 cm (Figura 2.16).

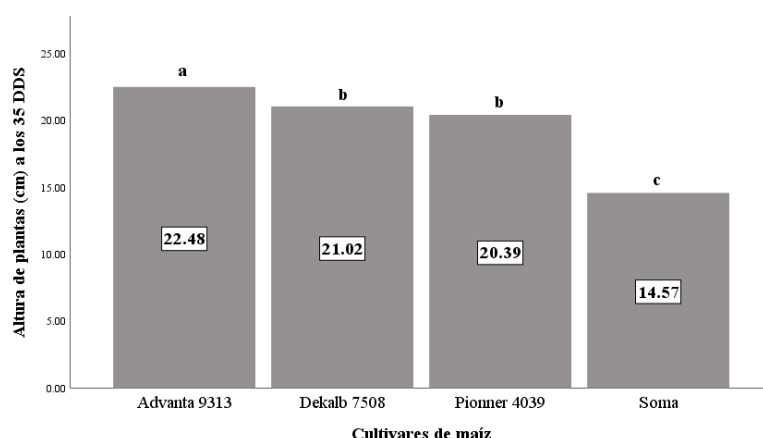


Figura 2.16. Altura de plantas en los cultivares de maíz a los 35 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función de la altura de plantas a los 15 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

El cultivar Advanta presentó la mayor altura de plantas a los 35 DDS. Este resultado concuerda con los obtenidos por Zamora (2018), quien afirma que el cultivar Advanta 9313, obtuvo mayor crecimiento en la variable altura de las plantas, demostrando ser significativamente diferente al resto de los cultivares evaluados en su investigación, la cual la realizó bajo las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Los Ríos, Ecuador.

Diámetro de tallos de las plantas a los 35 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el diámetro del tallo de las plantas de maíz a los 35 DDS, presenta diferencias significativas entre los cultivares a un p-valor $< 0,05$. A diferencia de la altura el cultivar Dekalb 7508 presentó los tallos de mayor diámetro, con un valor de 1,89 cm, siendo significativamente diferente a los demás cultivares. El tratamiento Advanta 9313 fue homogéneo al cultivar Pionner 4039, los cuales presentaron plantas de un grosor similar con valores de 1,68 cm y 1,63 cm; ambos cultivares fueron significativamente superiores al cultivar Soma, el cual mostró los tallos más delgados, con un valor de 1,26 cm (Figura 2.17).

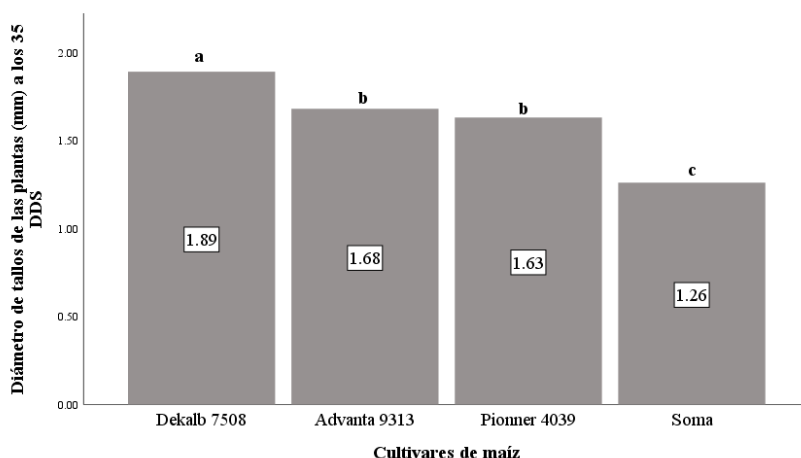


Figura 2.17. Diámetro del tallo de las plantas de maíz a los 35 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del diámetro de tallos a los 35 DDS para un p -valor $\leq 0,05$.

El cultivar Pionner 4039, fue significativamente inferior, en el grosor del tallo, al cultivar Dekalb 7508, superior a Soma y homogéneo con Advanta 9313 a los 35 DDS; lo que coincide en parte con los resultados obtenidos por Rodríguez (2014), quien indica que el cultivar Pionner 4039 presenta homogeneidad con los demás cultivares estadísticamente sin diferencias significativas bajo las condiciones edafoclimáticas del sector Daule-Ecuador.

Número de hojas totales a los 35 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el número de hojas totales a los 35 DDS, presenta diferencias significativas entre los cultivares a un p -valor $< 0,05$. El Cultivar Dekalb 7508 presentó mayor cantidad de hojas totales (10), siendo diferente significativamente a los demás cultivares. El tratamiento Pionner 4039 presentó homogeneidad con el tratamiento Advanta 9313, con el mismo número de hojas (8), siendo ambos mayores significativamente del tratamiento Soma, que solo presentó 7 hojas (Figura 2.18).

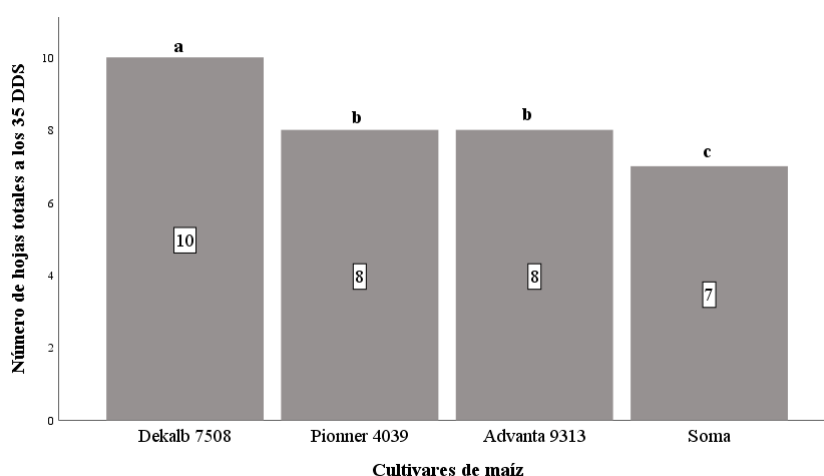


Figura 1.18. Número de hojas totales de los cultivares de maíz a los 35 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del número de hojas totales a los 35 DDS para un p -valor $\leq 0,05$.

El tratamiento Dekalb 7508 fue significativamente superior al resto de tratamientos, resultados similares fueron obtenidos por Caicedo (2017), quien indica que el cultivar Dekalb 7508 mostró diferencia significativa del resto de tratamientos al obtener el mayor número de hojas totales bajo los parámetros edafoclimáticos de la provincia de Los Ríos, Ecuador.

Número de hojas activas a los 35 DDS

La prueba de efectos intergrupos en el número de hojas activas a los 35 DDS, presenta diferencias significativas entre los cultivares a un p -valor $\leq 0,05$. En la cantidad de hojas activas a los 35 DDS, el cultivar Dekalb 7508 obtuvo el mayor número de hojas activas (8), siendo estadísticamente diferente al resto de los cultivares. El tratamiento Pioneer 4039 presentó homogeneidad con el tratamiento Advanta 9313 (6 y 6) siendo ligeramente mayores al tratamiento soma (6), sin embargo, los tres tratamientos no presentaron diferencias significativas puesto que tenían el mismo número de hojas (Figura 2.19).

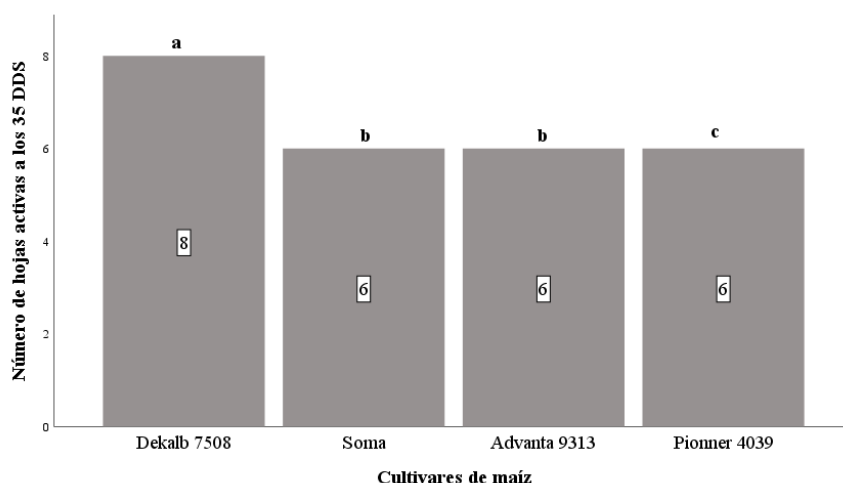


Figura 2.19. Número de hojas activas de los cultivares de maíz a los 35 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función del número de hojas activas a los 35 DDS para un p -valor $\leq 0,05$.

El tratamiento Dekalb 7508 obtuvo el mayor número de hojas activas, pero, Izquierdo Bonilla (2012), indica que, el tratamiento Advanta 9313 obtuvo el mayor número de hojas siendo diferente significativamente al resto de tratamientos bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayambe, Ecuador.

Producción de biomasa verde como forraje a los 35 DDS

El tratamiento con mayor rendimiento de biomasa verde fue Dekalb 7508 con un valor de 4,27 t/ha, este valor no fue significativo con los cultivares Pionner 4039 y Advanta 9313 que presentaron valores de 3.66 y 3.61 t/ha respectivamente. Los tres cultivares antes mencionados fueron significativamente superiores al Soma que presentó el valor más bajo en producción de biomasa verde de 1,75 t/ha (Figura 2.20).

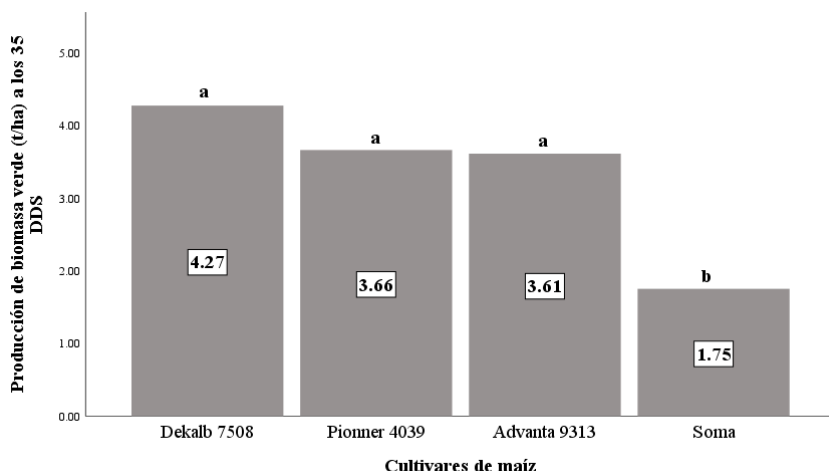


Figura 2.20. Producción de biomasa verde de los cultivares de maíz a los 35 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre cultivares de maíz en función de la producción de biomasa verde a los 35 DDS para un p-valor $\leq 0,05$.

Los resultados alcanzados en el estudio coinciden con lo reportado por Uzategui (2019), quien, en un estudio desarrollado en Lima, Perú, obtuvieron que el mayor rendimiento comercial se alcanzó con el híbrido Dekalb 7508, similar estadísticamente al híbrido PM-213, aunque con diferencias estadísticas con el híbrido DK - 399.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos contribuyen a un mejor conocimiento sobre la caracterización agro morfológica de los cultivares de maíz Dekalb 7508, Advanta 9313, Pioneer 4039 y Soma, de acuerdo a los días transcurridos después de la siembra. El cultivar Advanta 9313 presentó mayor altura, que los demás cultivares, con valores que van de 6, 7 cm a los 15 días después de la siembra, hasta 22, 48 cm a los 35 días de edad, siendo estos valores significativos al que mostraron los demás cultivares; por tanto, su crecimiento en esta etapa temprana de desarrollo, es más rápido y menos afectado por la competencia de arvenses, ya

que este es un periodo crítico de crecimiento. Mientras el cultivar Soma mostró un crecimiento más lento y por tanto estará más expuesto a la competencia de arvenses y será necesario ejercer un control más riguroso para evitar grandes pérdidas de rendimiento.

Con respecto al grosor del tallo, en las primera 3 semanas de desarrollo, el cultivar Advanta 9313 presentó las plantas con mayor diámetro del tallo, mientras en la cuarta y quinta semana, quién presentó los tallos de mayor diámetro fue el cultivar Dekalb 7508; siendo Soma el que mostró los tallos más delgados con valores de 1,26 cm de diámetro a los 35 días después de la siembra; mientras el cultivar Dekalb 7508 tuvo plantas con diámetros de 1, 89 cm, es decir, una diferencia de 0,63 cm más gruesas, lo cual resultó muy significativo. Tanto la altura como el diámetro de las plantas de maíz, en la primera etapa de desarrollo del cultivo (35 días), son parámetros agro morfológicos importantes, porque evidencian, que los cultivares, que presenten esas características, son más robustos y por ende deben ser más productivos.

Tanto en la cantidad de hojas totales como activas, a los 15 días después de la siembra, no hubo diferencia entre los cultivares estudiados. A partir de la tercera semana y hasta la quinta el cultivar Dekalb 7508, presentó la mayor cantidad de hojas, con valores ascendentes de 7, 8 y 10 hojas totales para cada fecha de observación y 5, 6 y 8 hojas activas para igual período de conteo; estos valores resultaron significativamente superiores a los que mostró el cultivar Soma, los cuales fueron de 5, 7 y 7 para el parámetro de hojas totales y de 3, 5 y 5 para las hojas activas, Esto corrobora lo que sucede con el cultivar Soma, que presentó plantas de menor altura y diámetro, ya que al tener menor cantidad de hojas, su actividad fotosintética se ve reducida y por tanto las plantas presentan menor desarrollo.

En la producción forraje verde se refleja, el comportamiento de los 4 cultivares, ante los parámetro agro morfológicos evaluados, ya que los cultivares que tuvieron plantas más vigorosas y con mayor cantidad de hojas fueron los que presentaron mayor rendimiento de forraje verde, en este sentido el cultivar Soma, tuvo el rendimiento más bajo, lo que demuestra poca adaptación

Cultivo de maíz. Compilación de trabajos de titulación y artículos científicos realizados por estudiantes de agronomía de la UTMACH

a las condiciones edafoclimáticas del sitio donde se realizó esta investigación y que por lo tanto no se recomienda sembrar en esta zona de la provincia de El Oro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caicedo Acosta, L. A. (2017). *Absorción y particionamiento de nutrientes en tres híbridos nacionales de maíz (Zea mays L.) en la zona central del litoral ecuatoriano*. Universidad Estatal de Quevedo.
- Eguez Moreno, J. F., Pintado, P. W., Ruilova Narváez, F. L., Zambrano Mendoza, J. L., Villavicencio Linzán, J. P., Caicedo Villafuerte, M. B., Alarcón Cobeña, D., Zambrano, E. E., Limongi Andrade, R., Yáñez Guzmán, C. F., Narro, L., San Vicente, F. (2019). Desarrollo de un híbrido de maíz de grano blanco para consumo humano en Ecuador. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 46-53. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1102>
- García, J. C. (2016). *Estudio del comportamiento agronómico de seis híbridos de maíz (Zea mays L.) cultivados en el bosque subtropical del cantón Las Naves*.
- Izquierdo, R. A. (2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento*. Cayambe-Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Moreira Cortez, B. Vladimir. (2019). *Evaluación agronómica de híbridos de maíz (Zea mays L.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Roca Mendoza, C. O. (2019). *Respuesta agronómica de tres híbridos de maíz sembrados a dos distancias en la parroquia La Esperanza del cantón Quevedo*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3631/1/T-UTEQ-0167.pdf>
- Rodríguez, B. E. (2014). *Evaluación agronómica de cinco híbridos de maíz Zea mays L. en estado de choclo cultivados con dos poblaciones de siembra en la zona de Balzar*. Universidad de Guayaquil.
- Uzategui Orchard, T. A. (2019). Niveles de calcio en el rendimiento de tres híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays L.) bajo riego por goteo [Universidad Nacional Agraria] <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM>

- /3868/uzategui-orchard-tomas-alonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28-34.
<http://investigacion.utmachala.edu.ec/cumbres/index.php/Cumbres/article/view/15>
- Zamora, C. I. (2018). *Determinación del efecto de la densidad de siembra y estructura del dos híbridos de maíz (Zea mays L.), en el nivel de productividad, época lluviosa*. Universidad técnica estatal de Quevedo.

CAPÍTULO III. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Irán Rodríguez Delgado, Hipólito Israel Pérez Iglesias

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN PARÁMETROS MORFOLÓGICOS Y PRODUCTIVOS DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA FINCA COMUNA EL CAMBIO.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realizó con el objetivo de evidenciar el efecto de la aplicación de estiércol vacuno fresco, mediante la medición de parámetros morfológicos y productivos del cultivo maíz y pretende demostrar la importancia de la utilización de este material orgánico como abono, que incrementa el rendimiento agrícola y la disminución de la contaminación ambiental.

Los resultados demuestran que la aplicación de materia orgánica, favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz y, por consiguiente, una producción de maíz en grano seco que supera la producción media de países desarrollados, que emplean alta tecnología en la cadena productiva, como Estados Unidos de América. La producción que se logró de 12,13 t/ha con la aplicación de 25 t/ha de estiércol vacuno, supera en más del doble la producción media de Ecuador, la cual alcanza unas 5,76 t/ha de maíz en grano seco.

La fertilización orgánica es una forma de mejorar los suelos y aportar nutrimentos para que las plantas puedan desarrollarse de una mejor manera. Se obtienen de una mezcla y descomposición de materia vegetal y animal como puede ser el estiércol (vacuno, porcino, gallinaza, oveja), material verde, los desechos de la cocina, entre otros. Para la descomposición de estos elementos se necesitan condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno), generando un abono ideal para las plantas (INTA, 2021).

El estiércol ayuda a que el crecimiento de las plantas sea mayor, lo cual explica la alta aportación de nutrimentos como materia orgánica, una de las diferencias más importantes que poseen el estiércol con el fertilizante químico, es que el estiércol genera beneficios en las propiedades físicas (como infiltración, agregación, densidad aparente y retiene el agua en el suelo),

química y biológicas del suelo (Salazar-Sosa et al., 2010).

La calidad de un fertilizante orgánico producido a base de estiércol vacuno dependerá de su origen, recolección, almacenamiento y humedad, ya que éstos deben ser frescos por la actividad microbiana que es necesario que se desarrolle.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la Comuna, situada en la vía troncal de la costa, cerca de la parroquia El Cambio de la Provincia de El Oro; ubicado en las coordenadas geográficas: 03°17'52.28 de Latitud Sur y 79°53'18.15" de Longitud Oeste, a una altitud de 12 msnm.

Caracterización del lugar experimental

El suelo se caracteriza por ser de clase textural arcillosa, con 53% de arcilla, 17% de arena y 30% de limo, bien drenado y un pH ligeramente alcalino con un rango entre 7,6 a 8,0 (NEMALAB, 2021). La temperatura media anual es de 25°C, 427 mm de precipitación media anual y de 2 a 3 horas al día en heliófila (INAMHI, 2016).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño cuadrado latino simple 4 x 4, donde se manipuló un factor de estudio; el área de cada parcela o unidad experimental (UE) fue de 2,5 m², además, mediante la técnica de doble bloqueo se disminuyó la influencia de dos factores no controlados (fertilidad del suelo y pendiente del terreno). Los tratamientos fueron asignados a las (UE) de forma completamente al azar.

Tratamientos objeto de estudio de la investigación.

T₀ - Testigo sin aplicación de estiércol.

T₁ - 15 toneladas de estiércol/ha -1,5 kg/m².

T₂ - 20 toneladas de estiércol/ha -2,0 kg/m².

T₃ - 25 toneladas de estiércol/ha -2,5 kg/m².

Croquis del experimento

En la Figura 3.1 se muestra el croquis del experimento el cual fue replanteado en el terreno procurando que todas las unidades experimentales tuvieran la misma superficie.

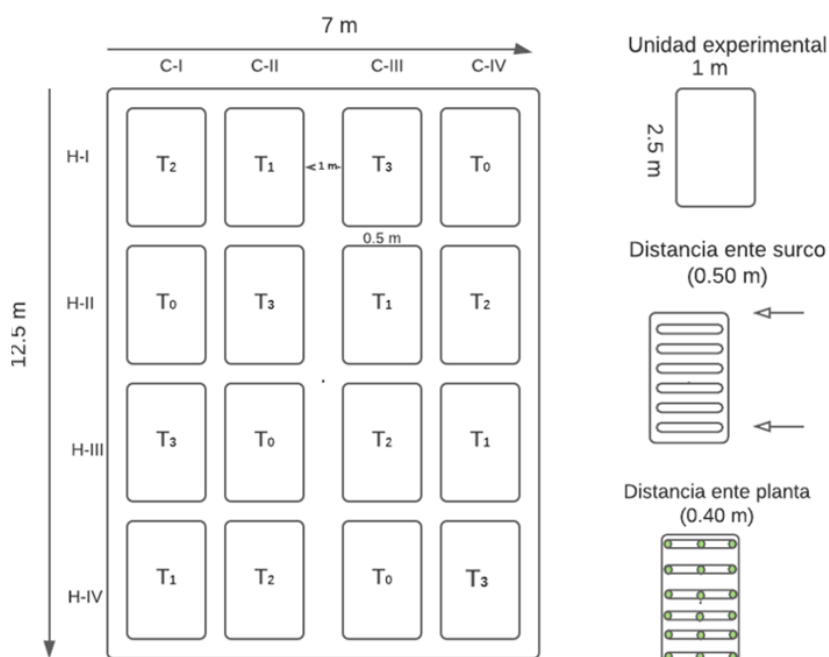


Figura 3.1. Croquis del experimento donde se evidencia la replicación y aleatorización de los tratamientos objeto de estudio, dentro de cada columna e hilera de manera independiente.

Especificaciones del diseño experimental

Distancia entre hileras o surcos 50 cm, distancia entre plantas 40 cm, área de cada unidad experimental 2,5 m², cantidad de surcos por UE 6, distancia entre columnas 1 m, distancia entre réplicas 50 cm, área total del experimento 87,5 m², área neta del experimento, 40 m².

Preparación de las camas para la siembra del maíz

Se procedió a remover el suelo a una profundidad de 20 cm, con la ayuda de un azadón, para obtener una excelente agregación y después se prepararon las camas, la cantidad de estiércol vacuno fresco, correspondiente a cada tratamiento, se

pesó en una balanza digital gramera y se colocó en fundas, después se aplicó en cada UE y se incorporó al suelo; 15 días después se efectuó la siembra de maíz del cultivar criollo (Figura 3.2).



Figura 3.2. Se observa a la estudiante realizando diferentes labores en la preparación del experimento. A. Preparación de camas. B. Aplicación del estiércol. C. Siembra del maíz.

Variedad Criolla de maíz

Se utilizó el cultivar de maíz criollo, el cual presenta alta calidad, buen rendimiento en grano seco, resistencia a las plagas. Las plantas pueden alcanzar una altura de 2,41 m y un diámetro de mazorca de 3,7 cm sin hojas (Jiménez & Carrillo, 2005).

Manejo agronómico del experimento

Se realizaron diferentes labores culturales, para mantener el

experimento en buenas condiciones de desarrollo como: control manual de arvenses, riego de agua, raleo, aporque y control químico del insecto plaga gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Walker).

Variables observadas

Se determinó altura de las plantas en cm, diámetro del tallo en mm, número de hojas totales, largo de la hoja en cm, ancho de la hoja en mm; todas estas mediciones se realizaron en 10 plantas por UE a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (DDS). La cantidad de mazorcas por planta, largo de la mazorca en cm, diámetro de la mazorca en mm, peso de 100 granos de maíz en gramos y rendimiento agrícola de grano seco en t/ha, se determinaron en el momento de la cosecha.

Procedimiento estadístico

Para establecer si se presentaron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos utilizados en la investigación, en función de las variables observadas, en los momentos de evaluación (30, 60, 90 y 120 DDS), se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) factorial intergrupos, anticipado cumplimiento de los requisitos de homogeneidad de varianzas (Test de Levene), normalidad de datos (Test de Kolmogorov-Smirnov) e independencia de observaciones.

Los resultados obtenidos se representaron mediante gráficos de barras simples. Para poder observar las diferencias o similitudes entre los tratamientos se ubicaron letras encima de cada barra simple. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el software estadístico, con una confiabilidad de estimación del 95 %.

Cosecha

La cosecha de maíz seco, se efectuó a los 4 meses, el día 13 de agosto del 2021, obteniendo excelentes resultados en la cantidad de mazorcas por planta (Figura 3.10).



Figura 3.3. A. Realización de la cosecha de maíz seco por la estudiante. B. mazorcas de maíz sin paja.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Altura de la planta a los 30 DDS

La altura de las plantas de maíz a los 30 DDS, presentan diferencias altamente significativas entre las diferentes cantidades de estiércol aplicadas, ya que el p-valor obtenido (0.000) es menor a 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis de diferencias. La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que en T_3 (25 t/ha de estiércol) alcanzó la mayor altura de la planta a los 30 días después de la siembra con un valor de 52.3 cm, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T_2 (20 t/ha de estiércol) con un valor de 46,6 cm fue diferente estadísticamente al T_1 (15 t/ha de estiércol) y T_0 (testigo), que alcanzaron 42,7 cm y 38,0 cm respectivamente. Lo cual puede estar relacionado a que el estiércol de vacuno, mejora las condiciones físicas del suelo y aporta nitrógeno, que favorece el desarrollo del sistema radical, la asimilación de nutrientes y por ende el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz (Figura 3.4).

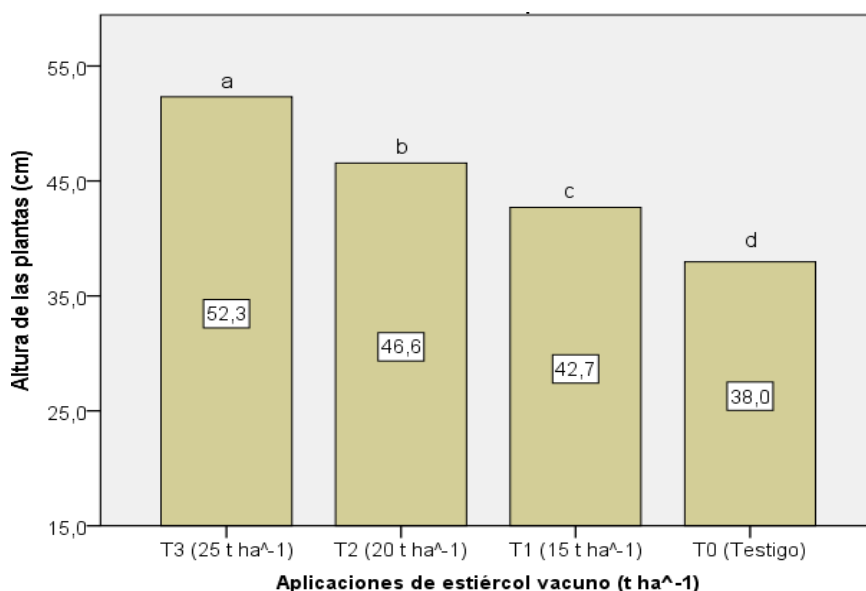


Figura 3.4. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en la altura de la planta de maíz a los 30 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de la altura de las plantas para un p-valor $\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El valor obtenido de 52,3 cm de altura de las plantas de maíz a los 30 DDS, cuando se aplicaron 25 t ha⁻¹ de estiércol vacuno es inferior a lo indicado por Vera et al. (2020), quienes reportaron 86,45 cm de altura a los 30 DDS, bajo un adecuado régimen de precipitaciones. Por otra parte, Limones (2020), con la aplicación 10 t/ha estiércol vacuno en tres frecuencias de aplicación (15, 30 y 45 DDS) obtuvo una altura de plantas de 81,4 cm a los 40 DDS con la utilización del híbrido Trueno.

Altura de las plantas a los 60 días DDS

A los 60 DDS se presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos objeto de estudio en función de la variable altura de la planta de maíz, ya que se obtuvo un p-valor (0,000) menor a 0,05; lo que evidencia un efecto positivo en la altura de la planta a la aplicación de estiércol vacuno.

La comparación entre los tratamientos de estiércol vacuno, demuestra que, el T₃ (25 t/ha alcanzó la mayor altura de las plantas a los 60 DDS con un valor 222,6 cm, diferente

estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T₂ (20 t/ha de estiércol) alcanzó un valor de 183,7 cm, fue diferente estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron valores de 148,0 cm y 103,5 cm respectivamente. Lo cual puede estar relacionado a que el estiércol de vacuno aporta materia orgánica que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figura 3.5).

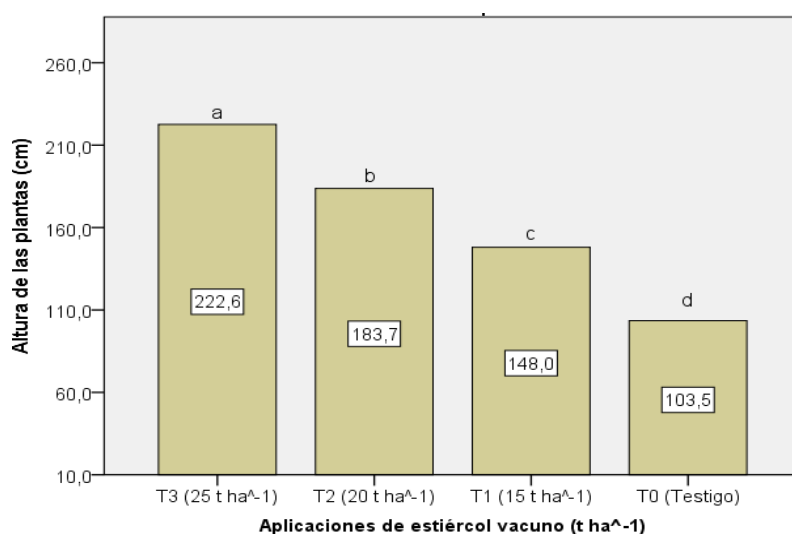


Figura 3.5. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en la altura de la planta de maíz a los 60 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de la altura de las plantas para un p-valor $\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El valor de 222,6 cm alcanzado por el T₃, en la altura de las plantas a los 60 DDS es superior a lo obtenido Vera et al. (2020), quienes reportaron 193,5 cm de altura con la aplicación de un fertilizante enriquecido (Supermagro), bajo un adecuado régimen de precipitaciones. El Supermagro es un biofertilizante líquido, que ayuda a proporcionar a las plantas todos los nutrientes que necesitan, y a mejorar la calidad del suelo, creando un entorno microbiológico natural; se obtiene mediante una fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno), cuya base, es el estiércol fresco de vaca, melaza o piloncillo, leche o suero de leche, entre otros.

Altura de las plantas a los 90 días DDS

La prueba estadística efectuada, en la altura de las plantas de maíz, a los 90 DDS, detectó diferencias significativas entre las cantidades de estiércol vacuno aplicadas a un p-valor (0,000) menor a 0,05, lo que demuestra un efecto positivo de los tratamientos. La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que el T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó la mayor altura a los 90 DDS, con un valor de 233,7 cm, igual estadísticamente al T₂ (20 t/ha de estiércol) y T₁ (15 t/ha de estiércol), que alcanzaron 212,0 cm y 198,5 cm, y diferente estadísticamente al T₀ (testigo), el cual presentó las plantas de menor tamaño (171,5 cm) (Figura 3.6).

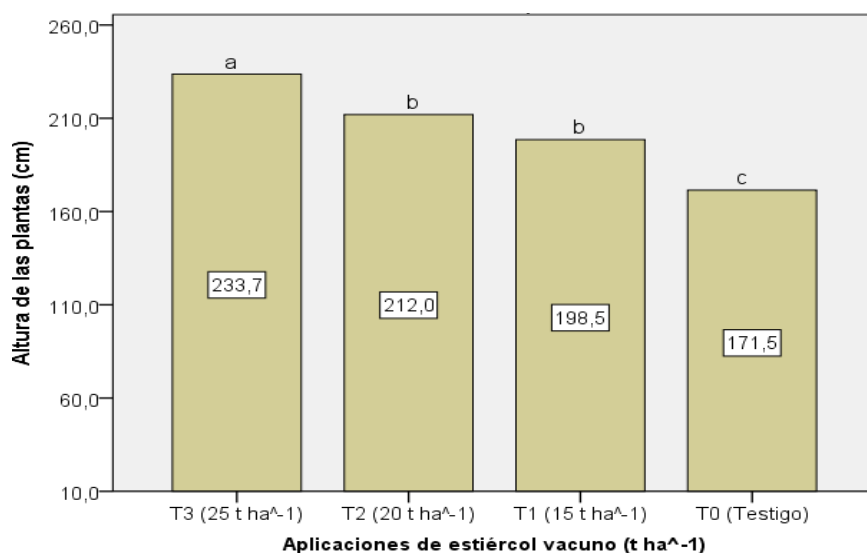


Figura 3.6. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en la altura de la planta de maíz a los 90 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de la altura de las plantas para un p-valor $\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El resultado alcanzado es superior y difiere al obtenido por Vera et al. (2020), quienes obtuvieron plantas de 216,2 cm de altura con la aplicación de Supermagro en la variedad DK 7500, bajo un adecuado régimen de precipitaciones.

Diámetro del tallo de plantas a los 30 DDS

El diámetro del tallo de las plantas de maíz a los 30 DDS presenta diferencias altamente significativas entre las cantidades de estiércol vacuno aplicados (0, 15, 20 y 25 t/ha), ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis de diferencias.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que en T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó el mayor diámetro del tallo a los 30 días de haber efectuado la siembra con un valor de 13,5 mm, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. El T₂ (20 t/ha y el T₁ (15 t/ha de estiércol), no presentaron diferencia significativa, por lo que, resultan similares, debido a que alcanzaron 11,9 mm y 11,7 mm respectivamente; ambos tratamientos son significativamente superiores al T₀ (testigo), el cual obtuvo un valor de 10,1 mm. Este resultado evidencia el efecto positivo que ejerce la aplicación de materia orgánica, en este caso estiércol vacuno, en el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz (Figura 3.7).

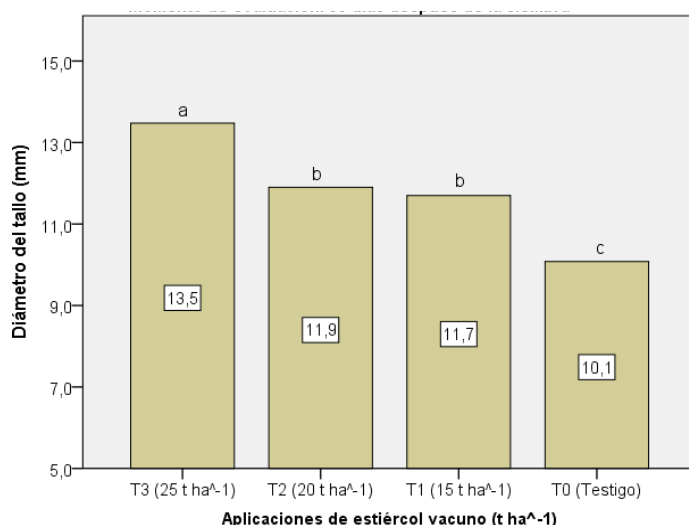


Figura 3.7. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en diámetro del tallo de la planta de maíz a los 30 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de diámetro del tallo para un p-valor $\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El resultado alcanzado en la presente investigación en el diámetro del tallo de maíz a los 30 DDS con la aplicación de 25 toneladas de estiércol vacuno fresco/ha (13,5 mm), no coincide con lo reportado por Limones (2020), quién alcanzó un diámetro del tallo de las plantas de maíz de 30,7 mm, con la aplicación de 10 t/ha estiércol de vaca, en tres frecuencias de aplicación (15, 30 y 45 días después de la siembra directa) a los 40 días después de la siembra con la utilización del híbrido Trueno.

Diámetro del tallo de plantas a los 60 DDS

A los 60 DDS, se observa diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos objeto de estudio en función de la variable diámetro del tallo, ya que se obtuvo un p-valor (0,000) menor a 0,05, por lo tanto, se evidencia un efecto positivo en el diámetro del tallo a esta edad de la planta. Todos los tratamientos fueron significativamente diferentes entre ellos (Figura 3.8).

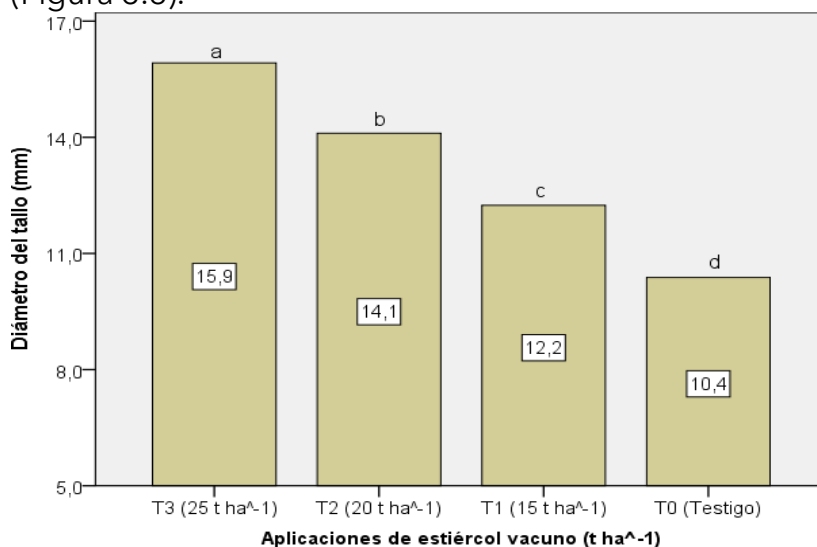


Figura 3.8. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en diámetro del tallo de la planta de maíz a los 60 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de diámetro del tallo para un p-valor $\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio, demuestra que en T₃ (25 t/ha de estiércol, alcanzó el mayor diámetro del tallo a los 60 días después de la siembra con un valor de 15,9 mm, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos.

Por otro lado, el T₂ (20 t/ha de estiércol) que alcanzó un valor de 14,1 mm difiere estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) y con el T₀ (testigo), que alcanzaron 12,2 mm y 10,4 mm respectivamente. Este resultado evidencia el efecto positivo de las aplicaciones de estiércol vacuno respecto el desarrollo de plantas de maíz más robustas.

Diámetro del tallo de plantas a los 90 DDS

La prueba estadística evidencia diferencias significativas entre las diferentes cantidades de estiércol vacuno aplicado, ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a 0,05, se acepta la hipótesis de diferencia, lo que, indica un efecto positivo en el diámetro del tallo a los 90 días DDS (Figura 3.9).

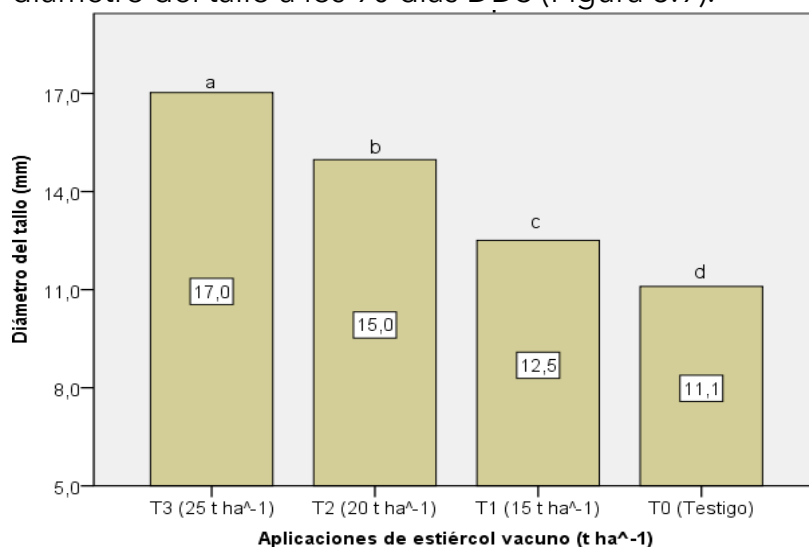


Figura 3.9. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en diámetro del tallo de la planta de maíz a los 90 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de diámetro del tallo para un p-valor $\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

A los 90 DDS se aprecia un efecto positivo, respecto al diámetro del tallo de las plantas de maíz, con la aplicación de estiércol vacuno. La tendencia de respuesta es similar a la que se obtuvo a los 60 DDS; pero el incremento en diámetro es menor, es decir, a los 60 DDS el diámetro del tallo del tratamiento T_3 (25 t/ha de estiércol) fue de 15.9 mm y a los 90 DDS fue de 17,0 mm, sólo se incrementó en 1,1 mm el diámetro del tallo en 30 días después. Un efecto similar ocurrió en los demás tratamientos, incluso en el tratamiento testigo, este incremento fue de 0,7 mm. Este comportamiento en el desarrollo de las plantas, a la edad de 90 DDS es normal, ya que, a esa edad, el maíz entra en la fase de reproducción, por lo que el crecimiento se detiene, tanto en altura como en diámetro del tallo, Se mantiene una respuesta superior del tratamiento T_3 (25 t/ha de estiércol) sobre los demás tratamientos y todos los que recibieron aplicación de estiércol vacuno, fueron diferentes entre ellos y superiores estadísticamente al testigo T_0 que presentó el menor valor.

Número de hojas totales a los 30 DDS

En la variable números de hojas totales, la prueba estadística demuestra evidencias altamente significativas entre las diferentes cantidades de estiércol de vaca aplicados (0, 15, 20 y 25 t/ha), el p-valor obtenido (0,000) menor a 0,05, por lo tanto, se comprueba que se presenta un efecto en el número de hojas totales a los 30 días de haber efectuado la siembra con la aplicación de diferentes cantidades de estiércol vacuno (Figura 3.10).

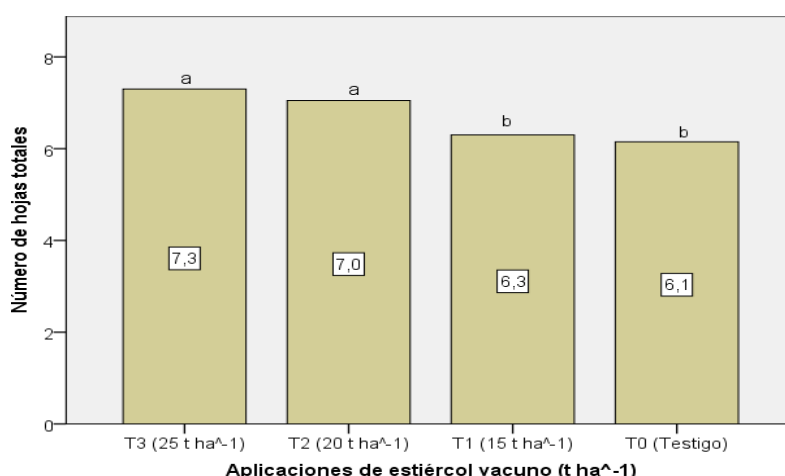


Figura 3.10. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en número de hojas totales de la planta de maíz a los 90 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de número de hojas totales para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que el T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó el mayor número de hojas totales a los 30 DDS con un valor de 7.3, igual estadísticamente al T₂ (20 t/ha de estiércol) que alcanzó un valor de 7.0. Por otro lado, es diferente estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron los valores más bajos de 6,3 y 6,1 hojas totales.

Número de hojas totales a los 60 DDS

A los 60 días después de la siembra se presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos objeto de estudio en función de la variable número de hojas totales, ya que se obtuvo un $p\text{-valor}$ (0,000) menor a 0,05, por lo tanto, se evidencia la existencia de un efecto positivo en el número de hojas totales de las plantas de maíz (Figura 3.11).

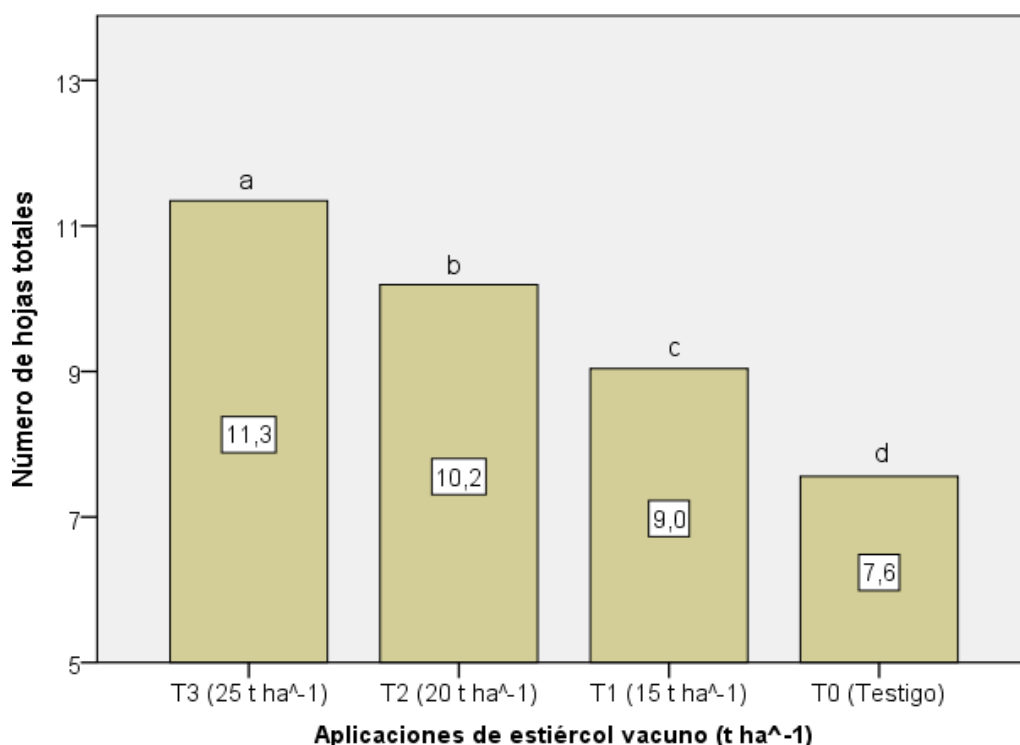


Figura 3.11. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en número de hojas totales de la planta de maíz a los 60 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de número de hojas totales para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que el T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó el mayor número de hojas totales a los 60 días después de la siembra con un valor de 11,3, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos.

Por otro lado, el T₂ (20 t/ha de estiércol) con un valor de 10,2 fue diferente estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron valores de 9,0 y 7,6 respectivamente. Lo cual que, demuestra el efecto positivo, que causa el estiércol vacuno en la cantidad de hojas totales de las plantas de maíz, al existir más cantidad de hojas en las plantas de maíz, se incrementa el área foliar y por ende la actividad fotosintética es mayor, lo que incidí directamente en el crecimiento y desarrollo

del cultivo sobre todo a los 60 DDS cuando las plantas están en pleno desarrollo.

Número de hojas totales a los 90 DDS

La prueba estadística evidencia diferencias significativas entre las cantidades de estiércol vacuno, el p-valor obtenido (0,000) es menor a 0,05, por lo que se presenta un efecto significativo en el número de hojas totales a los 90 días después de la siembra (Figura 3.12).

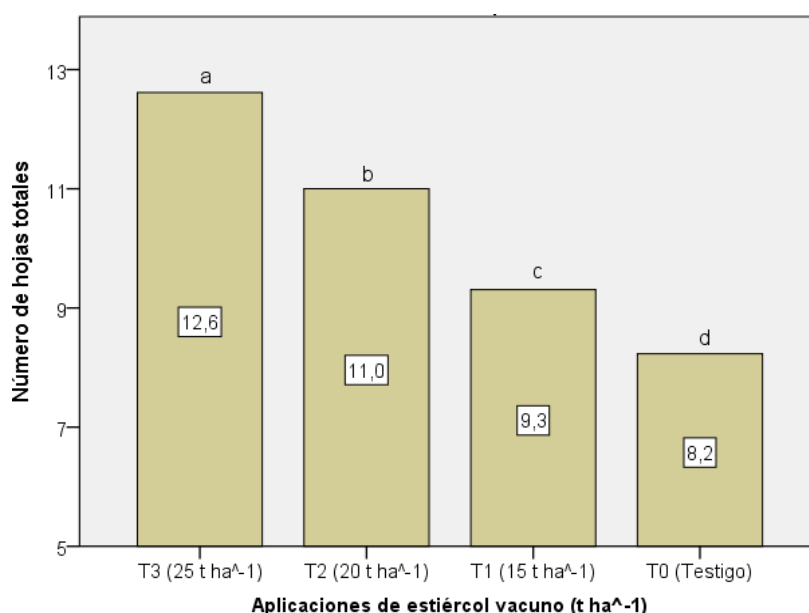


Figura 3.12. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el número de hojas totales de la planta de maíz a los 90 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de número de hojas totales para un p-valor $\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que en T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó el mayor número de hojas totales a los 90 días después de la siembra con un valor de 12,6, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T₂ (20 t/ha de estiércol) que alcanzó un valor de 11,0 fue diferente estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron valores de 9,3 y

8,2 respectivamente.

Este resultado muestra que todavía en la fase de reproducción el maíz (90 DDS), cuando se aplica materia orgánica, en forma de estiércol vacuno, puede ejercer un efecto positivo en la cantidad de hojas totales, lo cual, es de suma importancia, para que se mantenga un proceso fotosintético con buena actividad, ya que la planta se encuentra en la fase reproductiva, momento en que se decide la producción de granos de maíz, aspecto económico muy importante para los productores.

Largo de hoja a los 30 DDS

En la variable largo de la hoja a los 30 DDS, la prueba estadística demuestra diferencias altamente significativas entre las diferentes cantidades de estiércol de vaca aplicados (0, 15, 20 y 25 t ha⁻¹), ya que el p-valor obtenido (0,000) menor a 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis de diferencias. Se comprueba que se presenta un efecto en el largo de hoja a los 30 días después de la siembra con la aplicación de diferentes cantidades de estiércol vacuno.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que el T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó las hojas más largas a los 30 DDS con un valor de 86,1 cm, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T₂ (20 t/ha de estiércol) que obtuvo un valor de 80,0 cm fue diferente estadísticamente al T₁ (15 t/ha¹ de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron 76,2 cm y 71,5 cm respectivamente. (Figura 3.13).

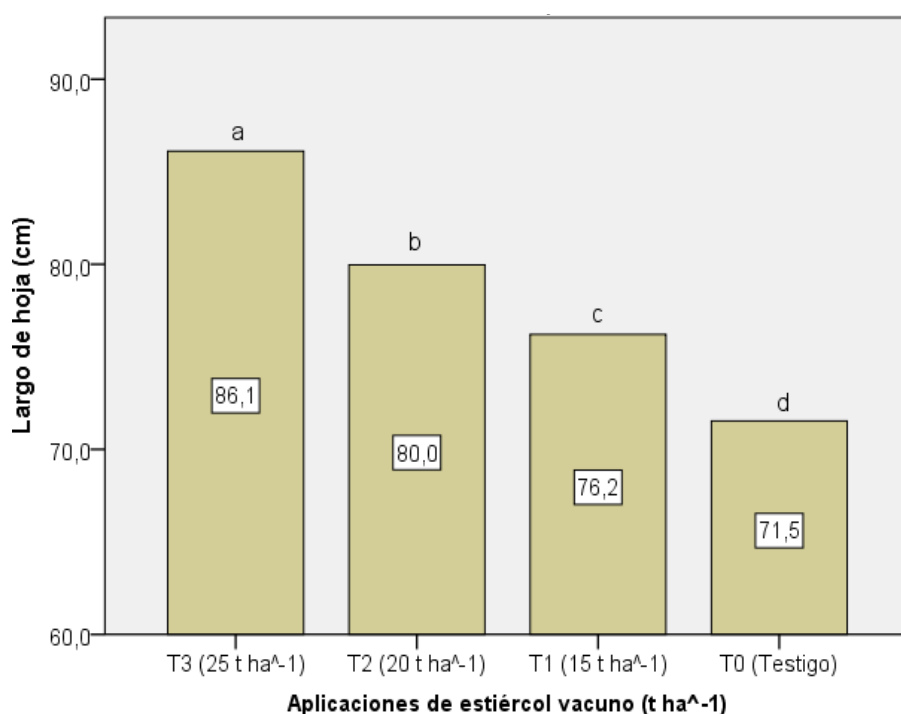


Figura 3.13. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de estiércol vacuno en largo de hoja de la planta de maíz a los 30 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del largo de hoja de la planta para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

Largo de hoja a los 60 DDS

A los 60 días después de la siembra, se presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos objeto de estudio, en función de la variable largo de hoja, ya que se obtuvo un $p\text{-valor}$ (0.000) menor a 0.05, por lo tanto, se evidencia un efecto significativo en el largo de la hoja de las plantas de maíz.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio, demuestra que en T_3 (25 t /ha de estiércol) alcanzó las hojas más largas a los 60 días después de la siembra con un valor de 104.7 cm, igual estadísticamente el T_2 (20 t/ha de estiércol) que obtuvo un valor de 101.2 cm, ambos tratamientos fueron diferente estadísticamente al T_1 (15 t/ha de estiércol) y T_0 (testigo), que alcanzaron 96.7 cm y 88.6 cm respectivamente

(Figura 3.14).

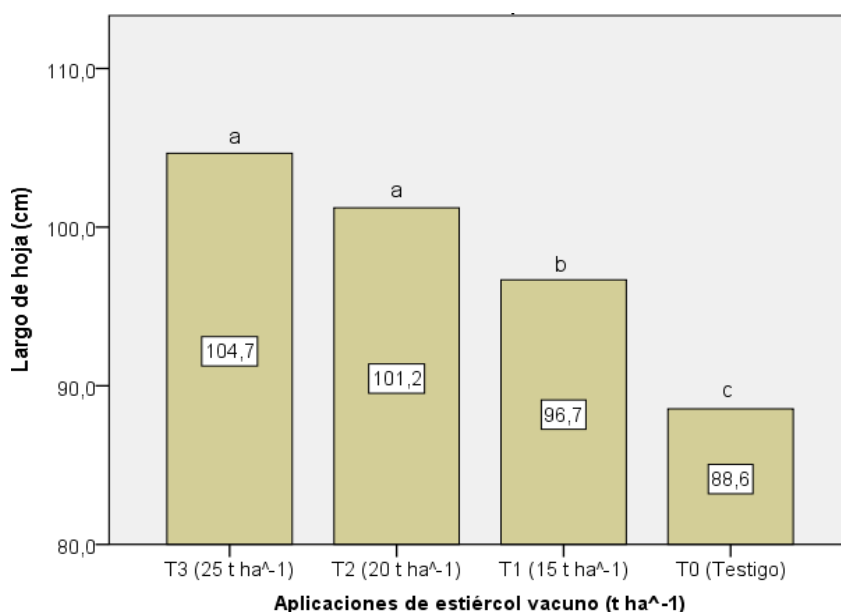


Figura 3.14. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el largo de hoja de la planta de maíz a los 60 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del largo de hoja de la planta para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

Largo de hoja a los 90 DDS

La prueba estadística evidencia diferencias significativas entre las diferentes cantidades de estiércol vacuno, ya que el $p\text{-valor}$ obtenido (0,000) es menor a 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis que presenta un efecto en el largo de las hojas a los 90 días después de la siembra.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que en T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó las hojas más largas a los 90 días después de la siembra con un valor de 107,8 cm, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T₂ (20 t/ha de estiércol) con un valor de 100,9 cm, fue igual estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) que obtuvo un valor de 100,9 cm y diferente estadísticamente al T₀ (testigo), que alcanzó un valor de 91,0 cm. (Figura 3.15).

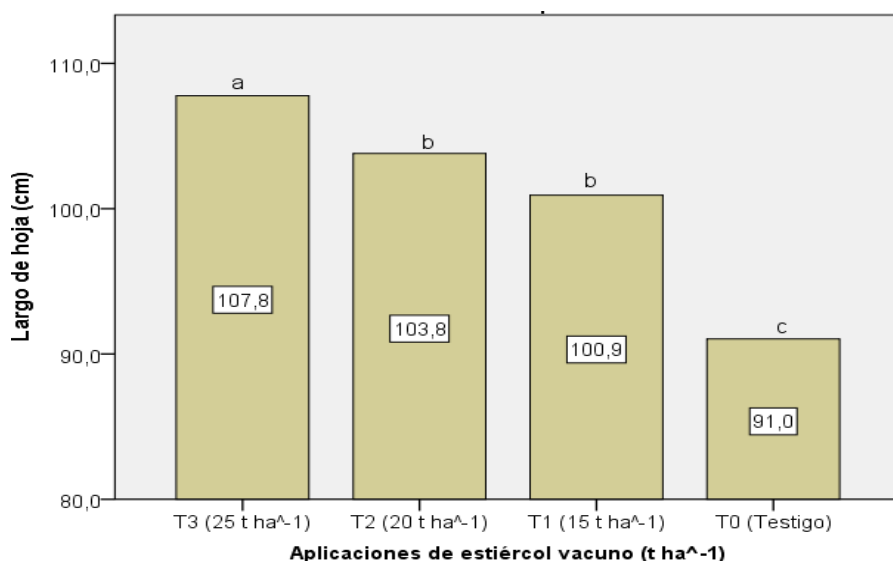


Figura 3.15. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el largo de hoja de la planta de maíz a los 90 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del largo de hoja de la planta para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

Ancho de la hoja a los 30 DDS

En la variable ancho de hoja, la prueba estadística demuestra diferencias altamente significativas entre las diferentes cantidades de estiércol de vaca aplicados (0, 15, 20 y 25 t/ha), el $p\text{-valor}$ obtenido (0,000) es menor a 0,05; por tanto, se comprueba que se presenta un efecto positivo en el ancho de hojas a los 30 días después de la siembra con la aplicación de diferentes cantidades de estiércol vacuno.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que en T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó el mayor ancho de la hoja con un valor 6,6 cm, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T₂ (20 t/ha de estiércol) que obtuvo un valor de 5,9 cm fue diferente estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron 5,2 cm y 4,6 cm respectivamente (Figura 3.16).

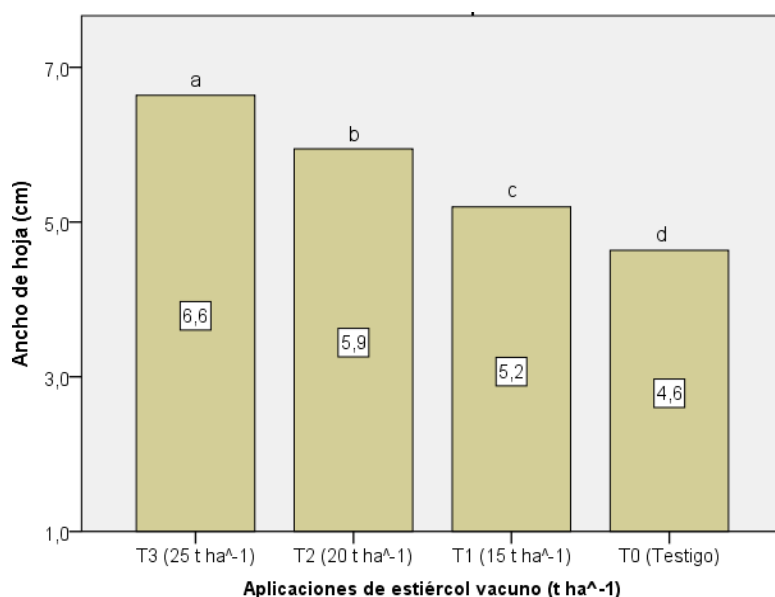


Figura 3.16. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el ancho de hoja de la planta de maíz a los 30 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del ancho de hoja de la planta para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

Ancho de la hoja de la planta de maíz a los 60 DDS

A los 60 DDS se presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos objeto de estudio en función de la variable ancho de hoja, ya que se obtuvo un $p\text{-valor}$ (0.000) menor a 0,05, por lo tanto, se evidencia un efecto del estiércol en el ancho de hoja.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que en T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó el valor más alto (8,0 cm) en el ancho de hoja a los 60 días de haber efectuado la siembra, el cual fue igual estadísticamente el T₂ (20 t/ha de estiércol) que presentó un valor de 7,9 cm; ambos tratamientos fueron diferentes estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron los valores más bajos de 7,3 cm y 6,6 cm respectivamente (Figura 3.17).

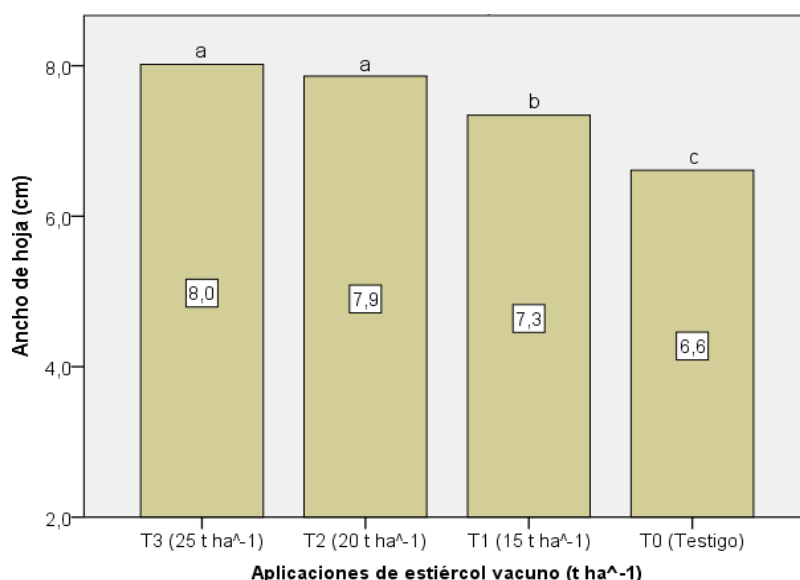


Figura 3.17. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el ancho de hoja de la planta de maíz a los 60 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del ancho de hoja de la planta para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

Ancho de la hoja a los 90 DDS

La prueba estadística evidencia diferencias significativas entre las diferentes cantidades de estiércol vacuno, ya que el $p\text{-valor}$ obtenido (0,000) es menor a 0,05; por lo que, se presenta un efecto del estiércol vacuno en el ancho de hoja del maíz a los 90 DDS.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que en T₃ (25 t ha⁻¹ de estiércol) alcanzó el ancho de hoja con un valor de 8,6 cm, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T₂ (20 t ha⁻¹ de estiércol) que obtuvo un valor de 8,2 cm fue diferente estadísticamente al T₁ (15 t ha⁻¹ de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron 7,7 cm y 6,8 cm respectivamente. Lo cual puede estar relacionado a que el estiércol de vaca aporta materia orgánica y nitrógeno a los suelos, lo que permite que se restaure los niveles nutrimentos que se exporta con la cosecha (Figura 3.18).

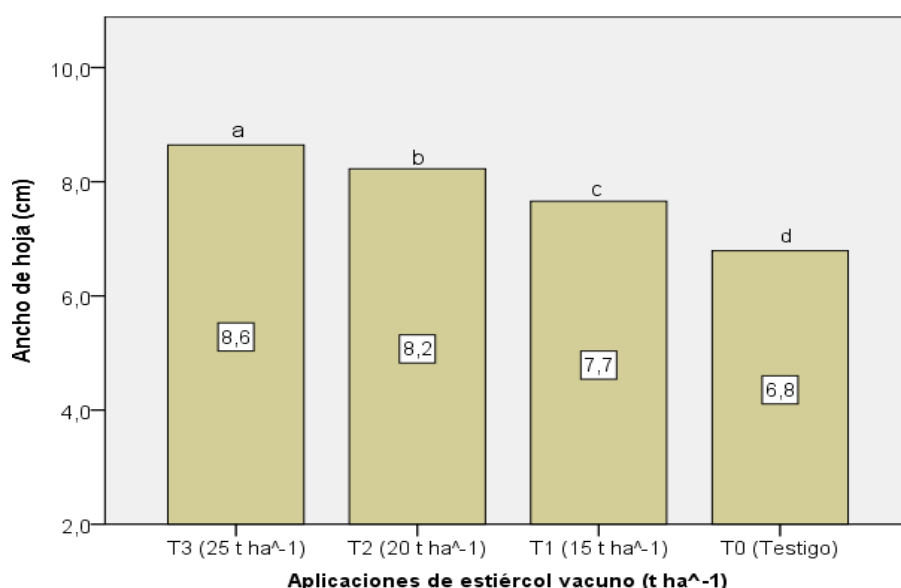


Figura 3.18. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el ancho de hoja de la planta de maíz a los 90 días después de la siembra.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del ancho de hoja de la planta para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

Efecto del estiércol vacuno en parámetros productivos del cultivo de maíz

Cantidad de mazorcas por planta en el momento de la cosecha de maíz seco

En la variable número de frutos por planta se presentan diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos, ya que el $p\text{-valor}$ obtenido (0.000) es menor a 0.05. Por lo tanto, se aprecia un efecto altamente significativo entre las diferentes dosis de estiércol vacuno utilizadas, en la cantidad de frutos por planta en el momento de la cosecha.

El tratamiento T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó un promedio de 2,8 mazorcas por planta, este valor es superior y diferente estadísticamente al resto de los tratamientos; también se aprecia que entre el tratamiento T₁ (15 t/ha de estiércol) y T₀ (testigo) no se obtuvo diferencia estadística, siendo los que mostraron la menor cantidad de frutos por planta con un promedio de 1,7 y 1,6 mazorcas, respectivamente (Figura 3.19).

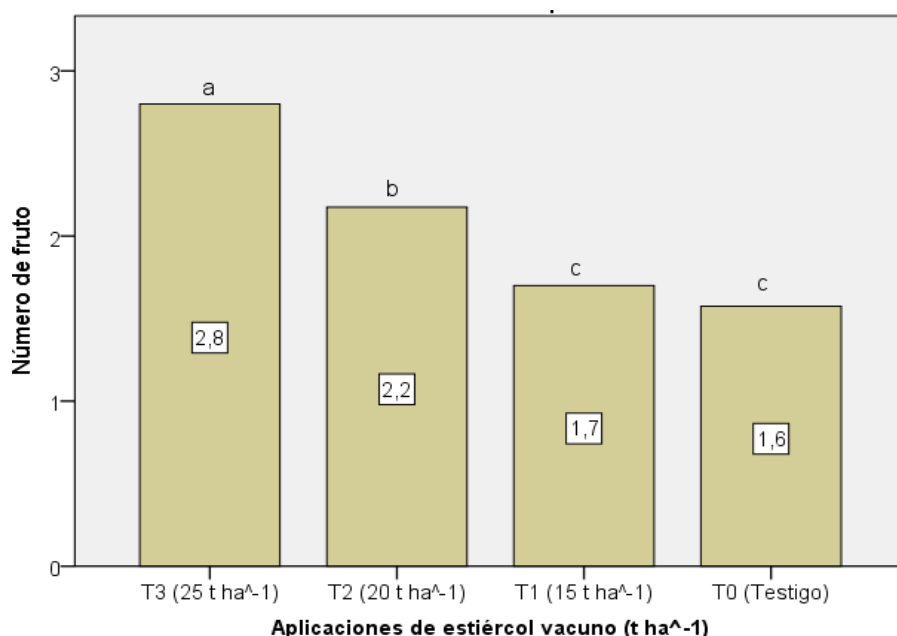


Figura 3.19. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en la cantidad de mazorcas por planta de maíz en el momento de la cosecha (120 días).

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función de la cantidad de mazorcas por planta para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

La cantidad de mazorcas obtenidas, por planta de maíz, en la presente investigación, es superior en todos los tratamientos, al valor reportado por Limones (2020), quién aplicó 10 t/ha de estiércol de vaca en tres frecuencias de aplicaciones (15, 30 y 45 días después de la siembra directa) y alcanzó un valor 1,01 mazorcas por planta de maíz híbrido trueno. Este valor es inferior, incluso al que se obtuvo en nuestra investigación, en el tratamiento testigo donde no se aplicó estiércol y presentó un valor de 1,6 mazorcas por planta.

Largo de mazorca en el momento de la cosecha de maíz seco

El largo de la mazorca también presentó diferencias significativas entre las diferentes cantidades de estiércol aplicadas, se obtuvo un $p\text{-valor}$ (0,000) menor a 0,05; por lo tanto, se observa un efecto positivo del estiércol en el largo de

la mazorca.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que el T₃ (25 t/ ha de estiércol) alcanzó el mayor valor en el largo de mazorca en el momento de la cosecha a los 120 DDS, con un valor de 18,0 cm, igual estadísticamente al T₂ (20 t/ha de estiércol) que alcanzó mazorcas de 17,2 cm de largo y diferente estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) que obtuvo 15,3 y T₀ (testigo) que alcanzó 13,4 cm, lo cual puede estar relacionado a que el estiércol de vaca aporta materia orgánica y nitrógeno al suelo (Figura 3.20).

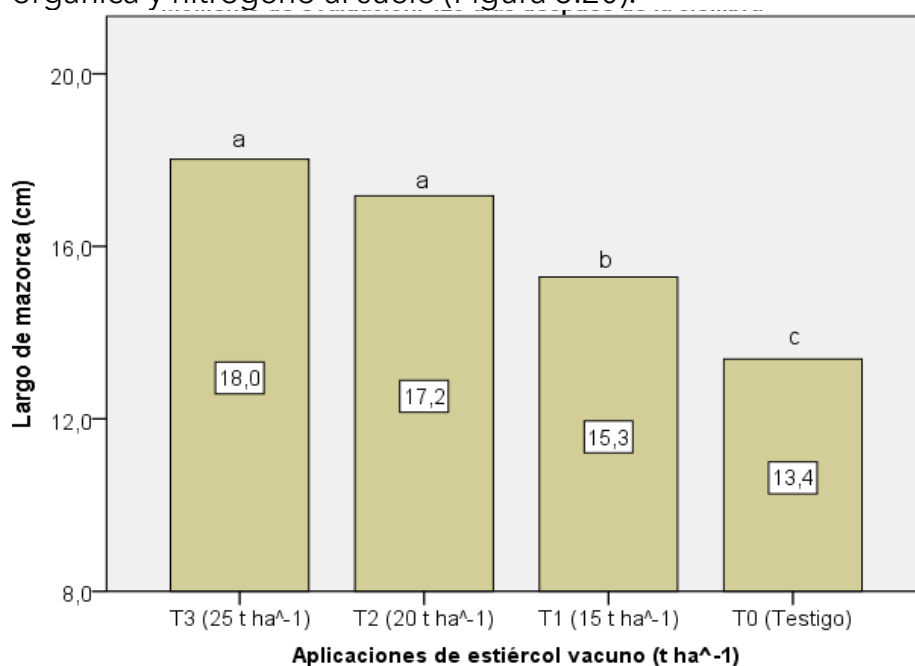


Figura 3.20. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el largo de mazorca al momento de la cosecha.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del largo de mazorcas para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El mayor largo de la mazorca de maíz, de 18 cm, se alcanzó con la aplicación de 25 t/ha de estiércol vacuno y difiere a lo reportado por Luna-Vega (2016), quién aplicó estiércol de vaca en dos frecuencias de aplicaciones (0 y 40 días después de la siembra directa del maíz de ciclo intermedio precoz P 2069) y alcanzó 23,58 cm del largo de mazorca a la cosecha.

Diámetro de la mazorca en el momento de la cosecha de maíz seco

En la variable diámetro de la mazorca de maíz se presentan diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos, el p-valor obtenido (0.000) es menor a 0.05; por lo tanto, se evidencia un efecto de las diferentes dosis de estiércol vacuno utilizados, en el diámetro de mazorca en el momento de la cosecha.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio demuestra que en T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó el mayor diámetro de mazorca en la cosecha, con 42 mm, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T₂ (20 t/ha de estiércol) que obtuvo un valor de 39,4 mm, diferente estadísticamente al T₁ (15 t/ha de estiércol) y T₀ (testigo), que alcanzaron 38,5 mm y 31,0 mm respectivamente (Figura 3.21).

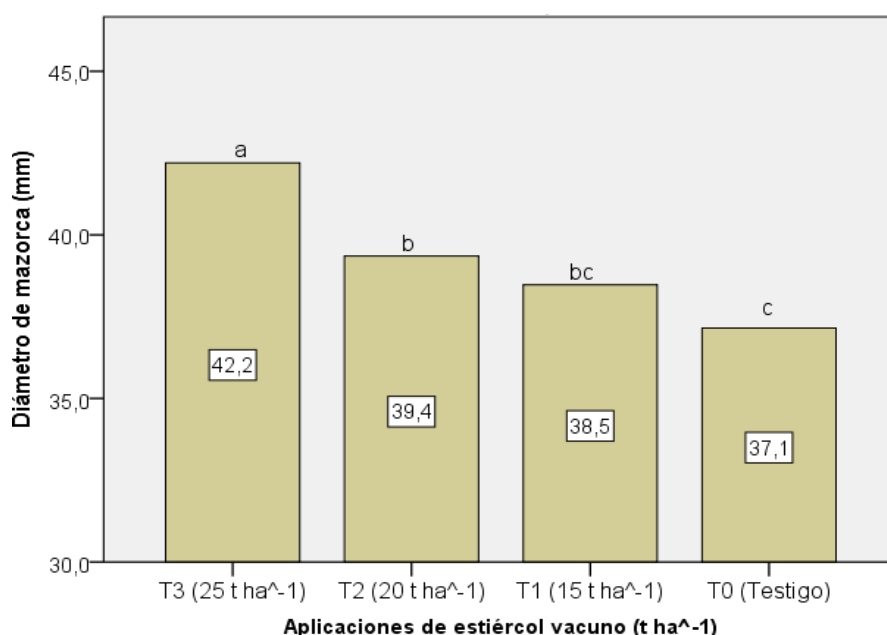


Figura 3.21. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el diámetro de mazorca al momento de la cosecha.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del diámetro de la mazorca para un p-valor $\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

La presente investigación, el tratamiento donde se obtuvo el mayor diámetro de mazorca la cosecha, fue el T₃ (25 t/ha de estiércol) un valor de 42,2 mm resultando inferior al obtenido por Luna-Vega (2016), quién aplicó estiércol de vaca en dos frecuencias de aplicaciones (0 y 40 días después de la siembra directa del maíz de ciclo intermedio precoz) y alcanzó un valor de 46,4 mm de diámetro de la mazorca a la cosecha.

Peso de 100 granos de maíz seco

En la prueba estadística se evidencia diferencias altamente significativas entre las diferentes cantidades de estiércol vacuno, el p-valor obtenido (0,000) es menor a 0,05; por lo tanto, se acepta un efecto positivo en el peso de 100 granos de maíz seco con la aplicación de estiércol vacuno.

La comparación entre los tratamientos objeto de estudio, demuestra que en el T₃ (25 t/ha de estiércol) alcanzó el mayor valor en el peso de 100 semillas de maíz seco en momento de la cosecha, con 19,0 g, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos; los cuales no mostraron diferencias entre ellos (Figura 3.22).

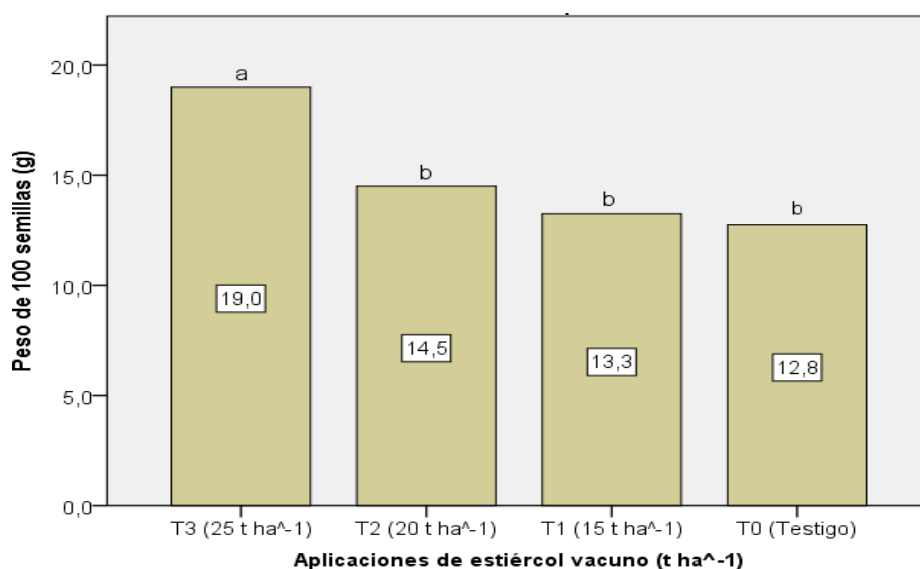


Figura 3.22. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el peso de 100 semillas al momento de la cosecha.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del peso de 100

semillas al momento de la cosecha para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El resultado obtenido en el peso de 100 granos de maíz seco, en el momento de la cosecha, en el tratamiento que alcanzó el valor más alto de 19 g, es inferior al obtenido por Bonifacio (2013), quién aplicó estiércol vacuno en una dosis de 40 t/ha y alcanzó un valor de 33,49 g en el peso de 100 semillas.

Rendimiento agrícola, en grano seco de maíz, en el momento de la cosecha

En la variable rendimiento agrícola se presentan diferencias altamente significativas, entre las diferentes cantidades de estiércol de vacuno aplicas (0, 15, 20 y 25 t/ha), ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a 0,05, por lo tanto, existe un efecto positivo de la aplicación de estiércol en el rendimiento agrícola del maíz.

La producción de maíz que alcanzó el tratamiento T_3 (25 t/ha de estiércol) presentó un valor de 12,13 t/ha de grano seco, el cual es muy superior estadísticamente al resto de los tratamientos. Por otro lado, el T_2 (20 t/ha de estiércol) Presentó un valor de 9,04 t/ha, este rendimiento agrícola, es superior y diferente estadísticamente al T_1 (15/t ha de estiércol) y T_0 (testigo), que alcanzaron 6,76 t/ha y 5,98 t/ha (Figura 3.23).

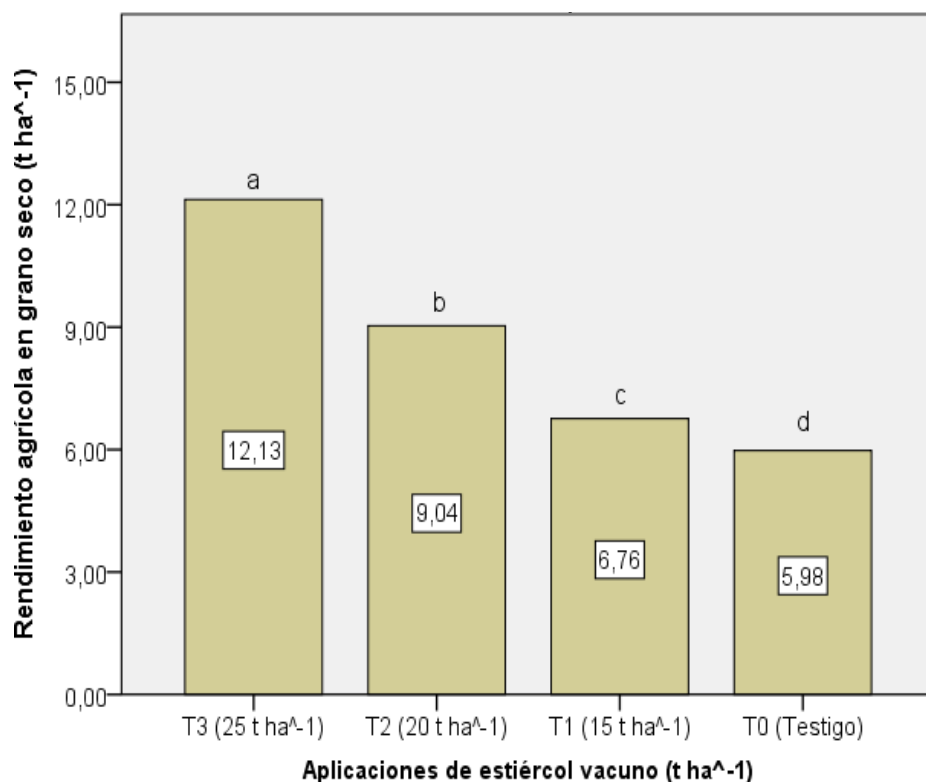


Figura 3.23. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno en el rendimiento agrícola en grano seco al momento de la cosecha.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de estiércol vacuno en función del rendimiento agrícola en grano seco para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

Este resultado de 12,13 t/ha de maíz seco, que se alcanzó con la aplicación de 25 t/ha de estiércol vacuno es superior al obtenido por Luna-Vega (2016) y Limones (2020), quienes reportan valores de 9,42 t/ha y 4,46 t/ha en rendimiento de maíz seco con aplicaciones de estiércol de vaca (Luna-Vega, 2016) en dos frecuencias (0 y 40 días después de la siembra directa en el maíz de ciclo intermedio precoz P 2069) y Limones (2020) que aplicaron 10 t/ha de estiércol de vaca en tres momentos 15,30 y 45 DDS.

CONCLUSIONES

El efecto de la aplicación de estiércol vacuno mejoró la altura de la planta (234,4 cm), diámetro del tallo (16,4 mm), número de hojas (11 hojas), ancho de hoja (7,5 cm) y largo de hoja (102,7 cm) de la planta de maíz. La aplicación de 25 t/ha de estiércol vacuno produjo los mejores resultados superiores estadísticamente a la utilización de 20 t/ha, 15 t/ha y 0 t/ha, lo que puede estar condicionado al aporte de materia orgánica, incremento de la actividad microbiana, mejoramiento de la estructura y aireación del suelo.

La aplicación de mayor cantidad de estiércol (25 t/ha) generó los mejores resultados en relación a frutos por planta (2,8 frutos), largo de mazorca (18,0 cm), diámetro de mazorca (42,2 mm) y peso de 100 semillas (19,0 g), diferente estadísticamente a cuando se aplicaron 20 t/ha, 15 t/ha y 0 t/ha de estiércol vacuno.

La aplicación de 25 t/ha de estiércol vacuno, alcanzó el mayor rendimiento agrícola en grano seco, con 12,13 t/ha, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos; T₂ (9,04 t/ha), T₁ (6,76 t/ha) y Testigo (5,98 t/ha).

Los resultados obtenidos en esta investigación ponen de manifiesto, como la aplicación de materia orgánica, en este caso estiércol vacuno, favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz; dando como resultado final de ese beneficio, una producción de maíz en grano seco que supera la producción media de países desarrollados, que emplean alta tecnología en la cadena productiva, como Estados Unidos de América. La producción que se logró de 12,13 t/ha con la aplicación de 25 t/ha de estiércol vacuno, supera en más del doble la producción media de Ecuador, la cual alcanza unas 5,76 t/ha de maíz en grano seco.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda aplicar 25/ha de estiércol vacuno en el cultivo de maíz, en lugares que presenten condiciones similares, a las del sitio donde se desarrolló esta investigación, ya que esta dosis dio buenos resultados en el rendimiento agrícola de grano seco (t/ha), además de brindar nutrientes esenciales y mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo.

Además, se sugiere realizar más estudios sobre la fertilización, tanto orgánica como mineral, del cultivo de maíz en la región costa de Ecuador, lo cual puede ayudar considerablemente, a los productores en la obtención de mejores y sostenidos rendimientos en sus cosechas.

RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ A DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CANTÓN MACHALA, EL ORO, ECUADOR

INTRODUCCIÓN

La incorporación de materia orgánica (MO), en la agricultura moderna ha demostrado ser, una práctica beneficiosa, porque mejora la calidad del suelo, aumenta la retención de agua y proporciona nutrientes esenciales, que favorecen el crecimiento de los cultivos, el maíz no es la excepción.

Países como México, Brasil y Argentina son grandes productores de maíz, y la aplicación de diferentes abonos de origen orgánico está ganando popularidad, como una estrategia para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Blanco et al., 2014). La adición de materia orgánica al suelo contribuye a la fertilidad de éste y a la resiliencia de los cultivos ante las adversidades climáticas, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el ambiente (Abate et al., 2015).

En Ecuador, el cultivo de maíz es de suma importancia, especialmente en provincias como: El Oro, donde representa una fuente significativa de ingresos y alimento para la población (Zambrano et al., 2021). En el cantón Machala, la utilización de abonos orgánicos en la producción de maíz ha sido objeto de investigación, debido a los beneficios potenciales que puede ofrecer (Martínez, 2021). El uso de MO no sólo mejora la estructura y la fertilidad del suelo, sino que también puede aumentar los rendimientos del cultivo, contribuyendo al desarrollo agrícola sostenible de la región (Caviedes, 2019; Torres et al., 2015). La evaluación de diferentes dosis de aplicación de MO es crucial para determinar las prácticas óptimas que maximicen la producción y la salud del suelo.

La escasez de MO en los suelos agrícolas es una problemática creciente que afecta la producción de maíz en muchas regiones del mundo (Hernández-Trejo et al., 2019; Liu et al., 2020). La degradación del suelo, causada por prácticas agrícolas intensivas y el uso excesivo de fertilizantes químicos,

ha llevado a una disminución en la fertilidad del suelo, reduciendo la capacidad de las plantas para absorber nutrientes esenciales (Remache et al., 2017). Esta situación origina rendimientos de maíz más bajos y suelos menos resilientes ante las inclemencias climáticas (Van den Berg et al., 2021). La falta de MO también contribuye a la compactación del suelo y a una menor actividad biológica, lo que agrava, aún más, los problemas de fertilidad y sostenibilidad a largo plazo (Abebe & Feyisa, 2017).

La aplicación de abono orgánico, es una práctica agrícola que puede revertir muchos de los efectos negativos asociados con la falta de nutrientes en el suelo. La MO no sólo aporta nutrientes esenciales de manera gradual, sino que también mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y aireación; además promueve la actividad microbiana beneficiosa, lo cual es crucial para la mineralización y la liberación de nutrientes (Amin et al., 2018).

La aplicación de MI es una práctica sostenible que ayuda a mantener y mejorar la fertilidad del suelo, lo que a su vez puede aumentar los rendimientos de maíz y otros cultivos, garantizando una producción agrícola más resiliente y sostenible. La investigación sobre la aplicación de diferentes dosis de MO, en la producción de maíz en el cantón Machala, El Oro, Ecuador, es fundamental para identificar las prácticas más efectivas y sostenibles para la agricultura local.

Esta investigación no sólo busca mejorar los rendimientos de maíz, sino también contribuir a la restauración y mantenimiento de la salud del suelo. Dado el impacto significativo de la MO en la fertilidad y productividad del suelo, es esencial determinar las dosis óptimas que maximicen los beneficios sin causar efectos adversos. El objetivo de la misma fue evaluar la respuesta del cultivo de maíz a distintas dosis de abono orgánico, utilizando el producto comercial (BIOABOR), con el fin de proporcionar recomendaciones basadas en resultados reales, para los agricultores locales y de esta forma promover una agricultura más sostenible y productiva en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

La investigación se llevó a cabo en la finca Vía Balosa, ubicada en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador. Este sitio fue seleccionado debido a su representatividad de las condiciones agrícolas locales y su idoneidad para la realización de estudios experimentales.

La finca presenta un clima tropical húmedo, con temperaturas promedio entre 25°C y 30°C. La humedad relativa es alta con valores que oscilan entre 80 y 90%, especialmente, durante la estación lluviosa de diciembre a mayo. El suelo predominante es franco-arcilloso, con buen drenaje y capacidad de retención de nutrientes. Estas condiciones proporcionan un entorno propicio para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos en condiciones representativas de la región.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño cuadrado latino simple (DCL simple) 5 x 5, con el objetivo de minimizar la variabilidad de los datos recolectados. En este diseño, se dividieron las parcelas en columnas e hileras homogéneas y se asignaron aleatoriamente los tratamientos a cada unidad experimental dentro de cada columna o hilera de forma independiente.

Tratamientos:

- T₁ Testigo. Sin aplicación de abono orgánico.
- T₂ Aplicación de 10 t de abono orgánico/ha.
- T₃ Aplicación de 15 t de abono orgánico/ha.
- T₄ Aplicación de 20 t de abono orgánico/ha.
- T₅ Aplicación de 25 t de abono orgánico/ha.

Variables de estudio y momento de la evaluación

Altura de la planta, ancho de la hoja, diámetro del tallo, largo de la hoja, diámetro del tallo, peso fresco de la biomasa como forraje y de la biomasa seca del maíz.

La altura de la planta, largo de la hoja y ancho de la hoja se procedió a medir con una regla graduada, los datos se expresaron en cm. El diámetro del tallo se midió con un pie de rey en cm, el peso fresco y seco de la biomasa se determinó por medio de una balanza digital gramera, todos los datos fueron tomados al momento de la cosecha (Figura 3.24).

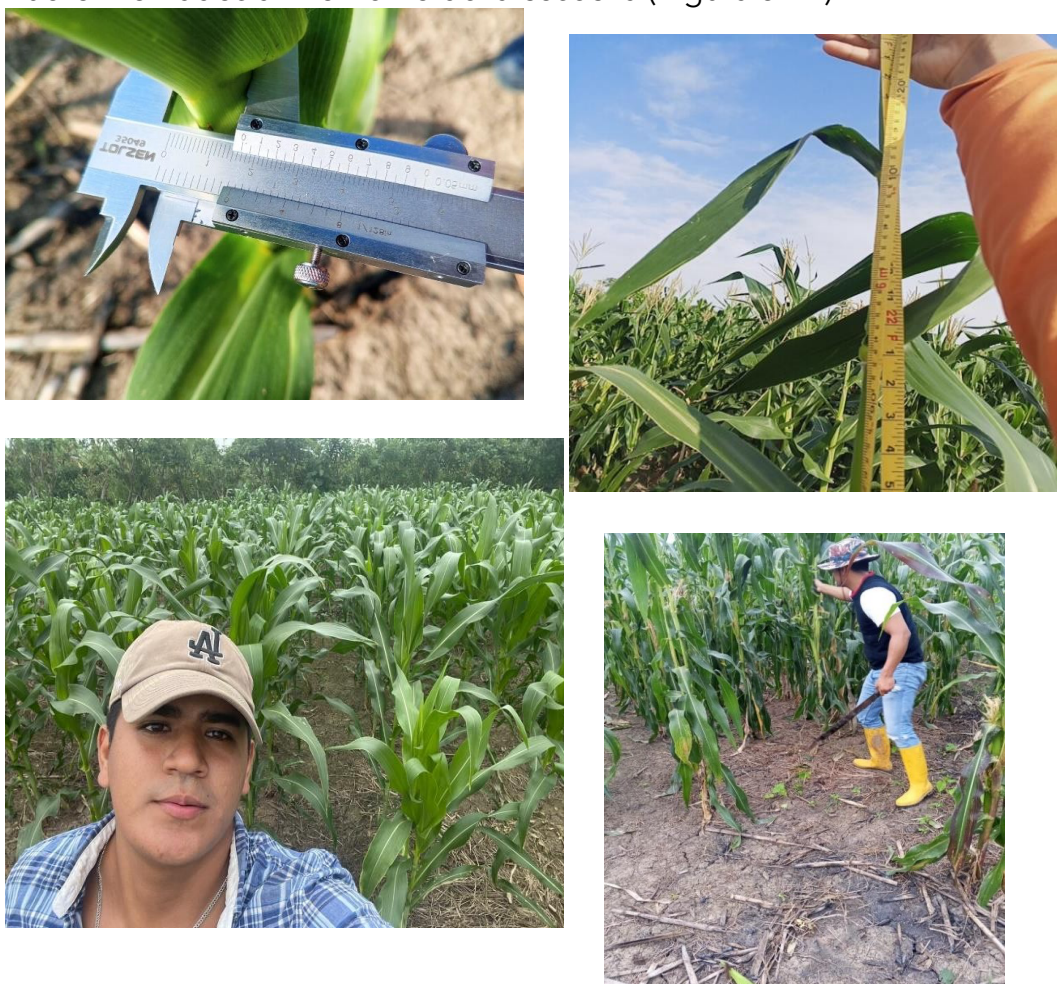


Figura 3.24. Proceso de evaluación de las variables. A. Diámetro del tallo. B. Altura de la planta C. Vista general del experimento que muestra el vigor de las plantas de maíz, la atención cultural y el estudiante que realizó la investigación D. Cosecha de plantas de maíz como forraje.

Unidad Experimental

Se establecieron parcelas experimentales con una dimensión de 3,5 m de ancho y 4 m de largo, lo que resultó en un área total de 9,6 m² por parcela, se utilizó una distancia de plantación de 0,80 m entre hileras y 0,4 m entre plantas de maíz.

Aplicación de fertilizante orgánico

Las dosis de fertilizante orgánico (BIOABOR) utilizadas se aplicaron en cada parcela experimental, ajustando la cantidad según el área de la parcela (9,6 m²) para garantizar una aplicación homogénea y representativa.

Atenciones culturales

Se realizaron labores agronómicas, como aporque, control de arvenses, chequeos fitosanitarios, con el objetivo de mantener el experimento en óptimas condiciones de desarrollo.

Procedimiento estadístico

Los datos recopilados fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) factorial intergrupos, prueba estadística paramétrica utilizada para determinar si se presenta o no diferencias estadísticas entre los tratamientos objeto de estudio en función de las variables mediadas. Cuando se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos se realizaron pruebas de rangos y comparaciones múltiples con la finalidad de conocer entre cuales se presentan similitudes o diferencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de la planta

La altura de las plantas de maíz mostró variaciones significativas en todos los tratamientos que recibieron MO, con relación al tratamiento control; el cual presentó una altura de 158,44 cm, mientras que las tratadas con 10, 15, 20 y 25 t/ha de MO mostraron alturas de 175,88 cm, 190,12 cm,

198,40 cm y 196,56 cm respectivamente. Estos resultados indican un aumento gradual en la altura de las plantas, a medida que se incrementa la cantidad de MO aplicada al suelo. El tratamiento de 20 t/ha de MO alcanzó la mayor altura de las plantas de maíz, seguido por el tratamiento con 25 t/ha. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p\text{-valor} \leq 0,05$) (Figura 3.25).

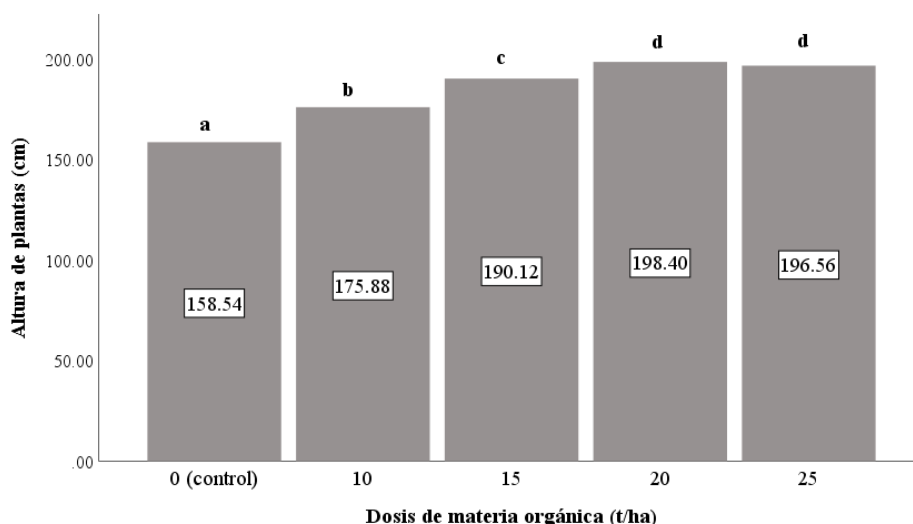


Figura 3.25. Efecto de las dosis de MO en la altura de plantas de maíz (cm).

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de materia orgánica en función de la altura de plantas para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

La aplicación de MO mostró un efecto positivo significativo en la altura de las plantas de maíz. Este incremento puede estar relacionado con la mejora en las propiedades químicas y físicas del suelo mencionada en varios estudios. Por ejemplo, la incorporación de materiales orgánicos como la cachaza ha demostrado mejorar las condiciones del suelo y aumentar el rendimiento de los cultivos (Arrieché & Ruiz, 2010). La mejora de la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes son factores clave que pueden contribuir al aumento de la altura de las plantas tratadas con MO (García, 2003).

Diámetro del tallo

El diámetro del tallo mostró incrementos significativos con la aplicación de MO al suelo. Las plantas de maíz en el grupo de control presentaron un diámetro de 2,70 cm, mientras que, en los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 t/ha de MO, diámetro fue de 3,19 cm, 3,69 cm, 3,94 cm y 3,90 cm respectivamente. Estos resultados indican un incremento gradual en el diámetro del tallo a medida que se aumenta la cantidad de MO aplicada. El tratamiento de 20 t/ha MO mostró el diámetro del tallo promedio más alto observado. Todas las diferencias entre tratamientos fueron altamente significativas ($p\text{-valor}\leq 0,05$) (Figura 3.26).

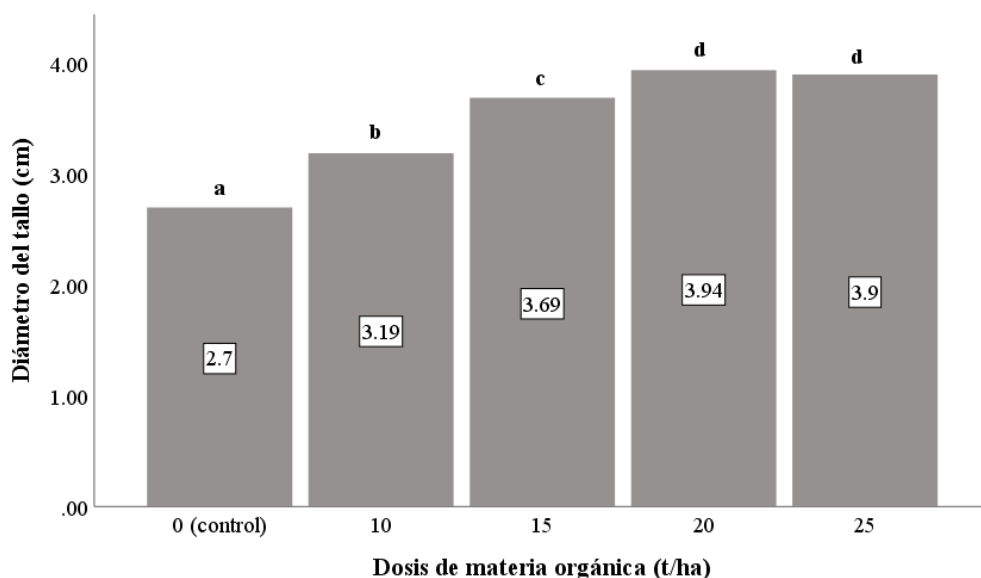


Figura 3.26. Efecto de las dosis de MO en el diámetro del tallo de plantas de maíz (cm).

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de materia orgánica en función del diámetro del tallo de plantas de maíz para un $p\text{-valor}\leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El diámetro del tallo mostró incrementos significativos con la aplicación de MO, lo que puede ser resultado de una mayor disponibilidad de nutrientes y mejor estructura del suelo. La MO mejora la retención de agua y la aireación del suelo,

factores que son críticos para el desarrollo de tallos más robustos (García, 2003). Además, los suelos tratados con MO tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico, lo que facilita la absorción de nutrientes esenciales para el desarrollo del tallo (Cruz et al., 2020).

Largo de la hoja

El largo de las hojas también mostró variaciones notables, entre los diferentes tratamientos de MO. Las hojas de las plantas de maíz en el tratamiento control presentaron un largo menor de 72,56 cm, mientras que, en los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 t/ha de MO mostraron largos superiores de 83,16 cm, 90,56 cm, 92,44 cm y 93,36 cm respectivamente. Estos resultados indican un incremento paulatino en el largo de las hojas, a medida que se incrementa la cantidad MO aplicada. El tratamiento de 25 t/ha de MO mostró el largo de hoja más alto observado. Todas las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ($p\text{-valor} \leq 0,05$) (Figura 3.27).

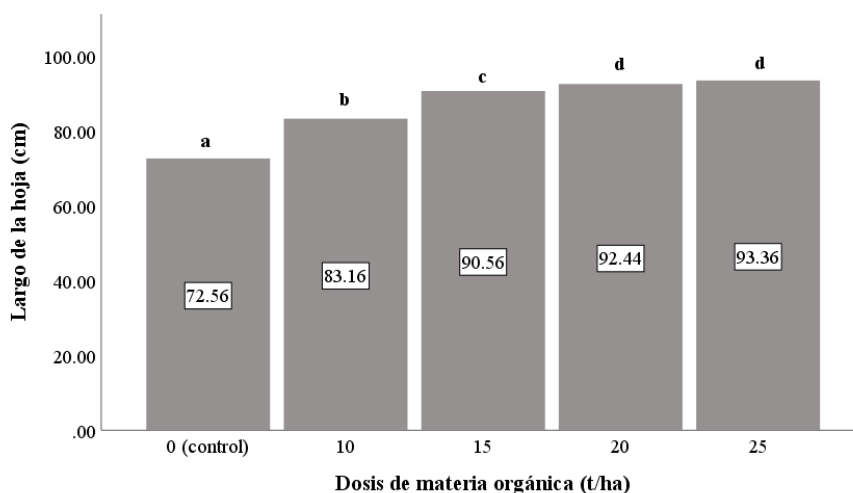


Figura 3.27. Efecto de las dosis de MO en el largo de la hoja de plantas de maíz (cm).

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de materia orgánica en función del largo de la hoja de plantas de maíz para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El largo de las hojas también se incrementó significativamente con la aplicación de MO, lo cual puede ser atribuido a la mejora en la fertilidad del suelo. Estudios realizados por Cruz et al. (2020) demostraron que la MO puede aumentar la capacidad de intercambio catiónico y mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Estos nutrientes son fundamentales para el crecimiento vegetativo de las plantas, incluyendo el desarrollo de hojas más largas (López et al., 2001).

Ancho de la hoja

El ancho de las hojas también mostró una respuesta positiva a la aplicación de MO en el suelo. El ancho de las hojas del tratamiento control fue de 8,1 cm, mientras los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 t/ha de MO alcanzaron 9,28 cm, 10,14 cm, 10,91 cm y 10,60 cm de ancho respectivamente. Esto refleja un aumento significativo en el ancho de la hoja a medida que se incrementa la cantidad de MO aplicada. Similar a los resultados obtenidos en tamaño de la planta, diámetro del tallo y ancho de la hoja: el tratamiento de 20 t/ha de MO exhibió el ancho de hoja promedio más alto, seguido por el tratamiento de 25 t/ha. Todas las diferencias entre tratamientos fueron altamente significativas ($p\text{-valor} \leq 0,05$) (Figura 3.28).

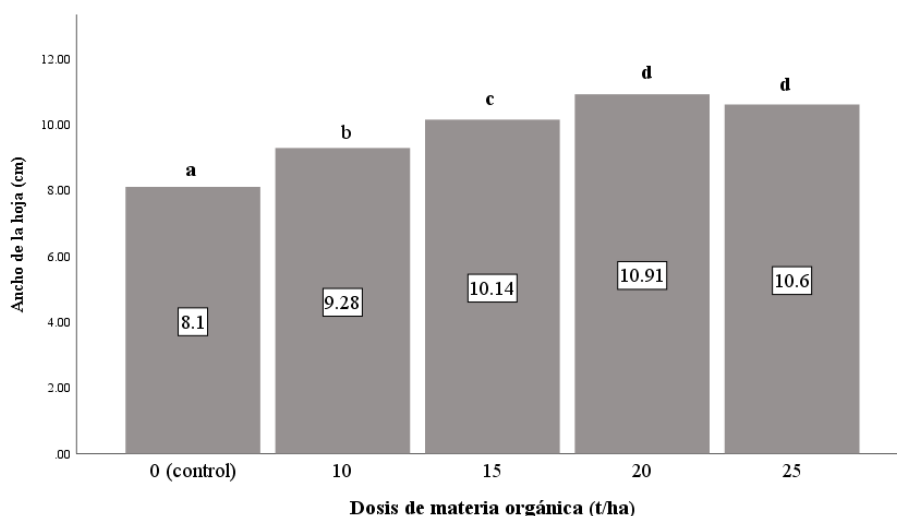


Figura 3.28. Efecto de las dosis de MO en el ancho de la hoja de plantas de maíz (cm).

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de materia orgánica en función del ancho de la hoja de plantas de maíz para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El ancho de las hojas aumentó con el incremento de MO, indicando una mejora en las condiciones nutricionales del suelo. La adición de abonos orgánicos no sólo mejora la disponibilidad de nutrientes, sino también la retención de humedad en el suelo, lo que es crucial para el desarrollo de hojas más anchas (Arrieche & Ruiz, 2010). Además, la mejora en las propiedades físicas del suelo debido a la adición de MO, contribuye a un mejor crecimiento radicular, lo que a su vez puede apoyar un mayor ancho de las hojas de las plantas de maíz (López et al., 2001).

Peso fresco de biomasa aérea de la planta de maíz

El peso fresco de la biomasa aérea de las plantas también mostró una respuesta significativamente positiva la aplicación MO en el suelo. Las plantas en el grupo de control tuvieron un peso fresco medio de 3,3 kg, mientras que, en los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 t/ha MO mostraron pesos frescos de 4,0 kg,

4,3 kg, 4,5 kg y 4,6 kg respectivamente. Estos resultados reflejan un incremento significativo en la producción de biomasa fresca, a medida que se incrementa la cantidad de MO aplicada. El tratamiento de 25 t/ha de MO exhibió el peso fresco más alto observado. Todos los tratamientos que recibieron MO fueron significativamente superiores al tratamiento testigo, entre el tratamiento de 20 y 25 t/ha de MO no se encontró diferencia significativa $p\text{-valor} \leq 0,05$ (Figura 3.29).

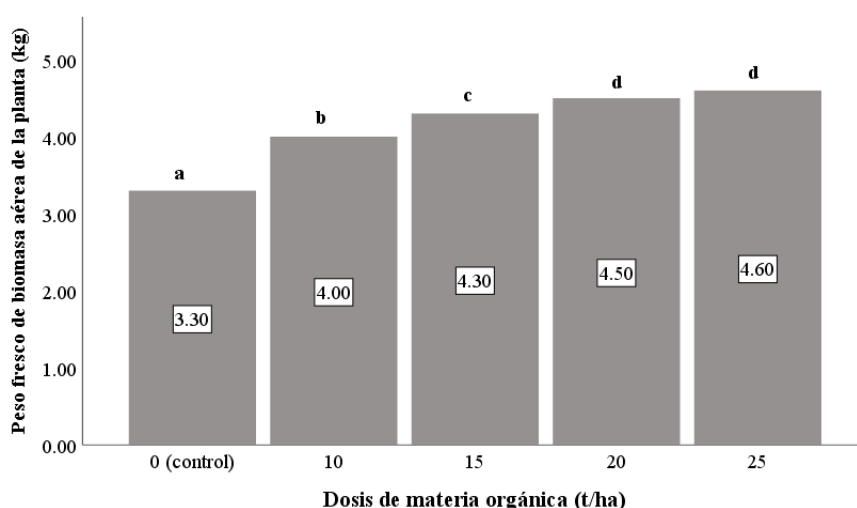


Figura 3.29. Efecto de las dosis de MO en el peso fresco de biomasa aérea de la planta de maíz.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de materia orgánica en función del peso fresco de la biomasa aérea de plantas de maíz para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

El peso fresco de la biomasa mostró un incremento a medida que se aumentó la cantidad de MO aplicada, lo que puede ser explicado por la mejora en la fertilidad y estructura del suelo. La MO no sólo aporta nutrientes directamente, sino que también mejora la capacidad del suelo para retener y suministrar estos nutrientes a las plantas (López et al., 2001). Además, la mejora en las propiedades físicas del suelo permite un mejor desarrollo del sistema radicular, lo que contribuye a un mayor peso fresco de la biomasa (Arrieche & Ruiz, 2010).

CONCLUSIONES

Se demostró que la aplicación del abono orgánico (BIOABOR) al suelo, resulta excelente para la producción de forraje de maíz; ya que se obtuvo como resultado un aumento considerable en el peso fresco de la biomasa de maíz a medida que se incrementó la dosis de MO aplicada; así lo demuestran los resultados de altura de las plantas, diámetro del tallo, largo y ancho de la hoja, los cuales concuerdan con la producción de biomasa, ya que, plantas más robustas deben producir mayor cantidad de biomasa. Esto sugiere que la MO no sólo promueve un mejor crecimiento vegetativo, sino que también incrementa la producción de biomasa del cultivo.

Los resultados destacan la importancia de encontrar la dosis óptima de MO para maximizar los beneficios, sin afectar negativamente el ambiente o los costos de producción. La dosis de 20 t/ha mostró ser especialmente efectiva en todos los parámetros estudiados, no obstante, la dosis de 25 t/ha también proporcionó resultados positivos y significativos; pero desde el punto de vista económico resulta más factible la aplicación de 20 t/ha de MO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abate, T., Shiferaw, B., Menkir, A., Wegary, D., Kebede, Y., Tesfaye, K., Kassie, M., Bogale, G., Tadesse, B., Keno, T. (2015). Factors that transformed maize productivity in Ethiopia. *Food Security*, 7(5), 965-981. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0488-z>
- Abebe, Z., Feyisa, H. (2017). Effects of Nitrogen Rates and Time of Application on Yield of Maize: Rainfall Variability Influenced Time of N Application. *International Journal of Agronomy*, 2017, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2017/1545280>
- Amin, M., Ahmad, R., Ali, A., Hussain, I., Mahmood, R., Aslam, M., Lee, D. J. (2018). Influence of Silicon Fertilization on Maize Performance Under Limited Water Supply. *Silicon*, 10(2), 177-183. <https://doi.org/10.1007/s12633-015-9372-x>
- Arrieche, I., Ruiz, M. (2014). Efecto de la fertilización orgánica con NPK sobre la MO y el rendimiento del maíz en suelos degradados. *Revista Observador del conocimiento*, 2(1), 203-212.
- Blanco, C. A., Pellegaud, J. G., Nava-Camberos, U., Lugo-Barrera, D., Vega-Aquino, P., Coello, J., Terán-Vargas, A. P., Vargas-Camplis, J. (2014). Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs. *Journal of Integrated Pest Management*, 5(4), 1-9. <https://doi.org/10.1603/IPM14006>
- Caviedes Cepeda, G. M. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 11(1). <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100>
- Cruz-Macías, W. O., Rodríguez-Larramendi, L.A., Salas-Marina, M. Á., Hernández-García, V., Campos-Saldaña, R.A., Chávez-Hernández, M. H., Gordillo-Curiel, A. (2020). Efecto de la MO y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra latinoamericana*, 38(3), 475-480.

- García, F.O. (2003). Agricultura sustentable. MO del suelo: siembra directa, rotaciones y fertilidad. In *Congreso nacional de la ciencia del suelo. INPOFOS. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia*.
- García Ventocilla, D., Mamani Gamarra, G., Román Cabello, N., Suárez Salas, L., Contreras Marín, A. & Malca Jauregui, J. (2011). Efecto de la adición de MO sobre la dinámica poblacional bacteriana del suelo en cultivos de papa y maíz. *Revista peruana de biología*, 18(3), 355-360.
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Girón, J. M., Patiño-Arellano, S. A. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803-813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>
- Liu, X., Yin, L., Deng, X., Gong, D., Du, S., Wang, S., Zhang, Z. (2020). Combined application of silicon and nitric oxide jointly alleviates cadmium accumulation and toxicity in maize. *Journal of Hazardous Materials*, 395, 122679. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122679>.
- López, M., José Dimas; Díaz, Estrada, Antonio; Martínez Rubín, Enrique; Valdez Cepeda, Ricardo D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz Terra Latinoamericana, vol. 19, núm. 4, octubre-diciembre, 2001, pp. 293-299 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México
- Martínez, M.E.E. (2021). Principales enfermedades del maíz (*Zea mays* L.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 53-59.
- Remache, M., Carrillo, M., Mora, R., Durango, W., Morales, F. (2017). Absorción de macronutrientes y eficiencia del N, en híbrido promisorio de maíz. Patricia Pilar, Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 41(2).
- Torres, E. D., Palacios, G., Moreira, M., Sánchez, A. R., Muñoz, G., Manosalvas, C., Vargas, J. C. (2015).

- Vanden Berg, J., Prasanna, B. M., Midega, C. A. O., Ronald, P. C., Carrière, Y., & Tabashnik, B. E. (2021). Managing Fall Armyworm in Africa: Can BtMaize
- Zambrano, J. L., Yáñez, C. F., & Sangoquiza, C. A. (2021). Maize Breeding in the Highlands of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review. *Agronomy*, 11(2), 212. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020212>
- Bonifacio, C. (2013). Aplicación de estiércol solarizado sobre la producción de maíz forrajero y grano bajo riego por goteo. *Universidad Autónoma Agraria*, 1-78.FAOSTAT. (2025). *Cultivos y productos de gandería*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- INTA. (2021). Elaboración de abonos orgánicos. *KOLFACI*, 2-50. <https://inta.gob.ni/project/elaboracion-de-abonos-organicos/>
- Jiménez, E., & Carrillo, M. (2005). Evaluación de dos híbridos y de una variedad criolla de maíz (*Zea mays* L.) bajo tres distanciamientos de siembra en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, 2005. *X Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, 1-14. <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/11.-Evaluacion-de-dos-Hibridos.pdf>
- Limones, C. (2020). Aplicación de tres fuentes orgánicas (Gallinaza, estiércol vacuno y humus de lombriz) para mejorar el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*), Balzar. *Universidad Agraria Del Ecuador*, 1-64.
- Luna-Vega, A., García-Sahagún, M., Rodríguez-Guzmán, E., & Pimienta-Barrios, E. (2016). Evaluación de composta, vermicomposta y excreta de bovino en la producción de maíz (*Zea mays* L.). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 3(8), 46-52
- Salazar-Sosa, E., Trejo-Escareño, H., López Martínez, J., Vázquez-Vázquez, C., Serrato- Serrato, J., Orón-Castillo, I., & Flores-Márquez, J. (2010). Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 381-390.

Sánchez, I. (2014). Maíz I (*Zea mays* L.). *REDUCA Biología*, 7(2), 151-171.

<http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1739>

Vera, J., Cepeda, W., Espejo, F., Cárdenas, D., Ángeles, D., Inga, G., Balón, A., Granda, J., Delgado, J. (2020). Comparación de 2 formas de fertilización en el cultivo de maíz variedad DK 7500, La Troncal -Ecuador. *Ciencia e Interculturalidad*, 26(1), 1997-9251.

CAPÍTULO IV

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

Pérez Iglesias Hipólito Israel, Rodríguez Delgado Irán

INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de conocer la respuesta del cultivar de maíz Trueno a la fertilización nitrogenada (aplicada de una sola vez y fraccionada) se estableció un experimento de campo en el cantón Santa Rosa de la provincia El Oro, se utilizaron tres niveles de nitrógeno (20, 60 y 120 kg/ha), las dosis de 60 y 120 kg se aplicaron de dos formas (100 % del N en siembra y fraccionadas 50 % en siembra y 50 % en la fase fenológica V5-V6, además se utilizó un tratamiento de control donde no se aplicó nitrógeno, lo que dio como resultado seis tratamientos evaluados en un diseño de bloques completamente al azar, cada tratamiento recibió una cantidad fija de fósforo y potasio como abono de fondo, excepto el tratamiento testigo; el experimento se cosecho a los 75 días de sembrado como forraje verde. El resultado más destacado fue que no se encontró diferencia significativa a las aplicaciones fraccionadas de nitrógeno en la producción de biomasa de maíz. 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; Esto demuestra que la aplicación fraccionada de N en el cultivo de maíz no es una práctica que mejore la producción; por lo que, resulta más práctico y económico aplicar todo el nitrógeno de una sola vez, en el momento de la siembra, más si se trata de plantaciones de maíz con sistema de siembra mecanizada.

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 al 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 el ambiente y la economía de los productores (Salvagiotti y Castellarin, 2000).

Aspectos generales de la fertilización nitrogenada del cultivo de maíz

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 agro productivos de las plantas. El aporte de nitrógeno es importante porque los cultivos requieren de ciertas cantidades de este elemento, 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.

Desde un punto de vista económico y ambiental se ayudaría 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 a dichos productores 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 et al., 2011).

Por lo cual, para la determinación de una dosis adecuada de fertilizantes nitrogenados, se realizan experimentos de campo, con diferentes tratamientos de nitrógeno. El presente trabajo de titulación se realizó, con el objetivo de determinar la respuesta del cultivar de maíz "Trueno" a la fertilización nitrogenada en las condiciones edafoclimáticas del cantón Santa Rosa, provincia El Oro, Ecuador.

El suelo es uno de los recursos indispensables para la reproducción de la vida vegetal, es esencial que cuente con las condiciones específicas para que las plantas se desarrollen, lo que se conoce comúnmente como un suelo fértil, sin embargo, en ocasiones los suelos no cuentan con dichas condiciones de nutrientes, y esto ocurre por varios 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 (García et al., 2005),

Una extracción de nutrientes proveniente de cosechas anteriores, el tipo de cultivo que haya llevado a cabo con anterioridad; 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 nutrimento 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 et al., 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, 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, de vital importancia, ya que el maíz demanda, para un crecimiento y desarrollo, que se conviertan en buenos rendimientos en las cosechas, altas dosis de nitrógeno. 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.

El requerimiento de nitrógeno constituye el aspecto más importante para la producción de maíz, ya que de esto dependerá si el rendimiento del cultivo es 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 estar limitado, y si existe 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 clave que determinará el rendimiento del cultivo (Arrechea, 2010).

En Ecuador se presentan dos problemas que se relacionan con la fertilización de maíz, el primero se refiere a las recomendaciones que comúnmente se hacen para fertilizantes las cuales 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 grano, se relacione estrechamente con las precipitaciones presentes en la zona, donde se desarrolla el cultivo, ya que según estudios realizados en función de ensayos continuos, se relacionó un mejor rendimiento cuando las precipitaciones, durante el desarrollo vegetativo del cultivo fueron mayores, en comparación a la media anual para dicho sitio; mientras cuando las precipitaciones fueron menores el rendimiento fue más bajo, debido a 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 (Álvarez et al., 2003).

Formas y momento de aplicación de fertilizantes nitrogenados

Forma química

Existen dos formas químicas del nitrógeno en el suelo, la mineral y orgánica. Los restos de origen animal y vegetal aportan el nitrógeno esencialmente en forma orgánica, mientras que los fertilizantes químicos aportan el nitrógeno en 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, éstos 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 utilizada, 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 el cultivo como para los productores porque mejora los rendimientos (Arrechea, 2010).

Momento de aplicación

Tanto la forma química como el momento de aplicación del fertilizante nitrogenado son trascendentales, 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 V_5 - V_6 . Esto podría deberse a las pérdidas que sufre el N 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 fertilizante cuando se realiza la siembra y colocando el restante ya sea en una o más aplicaciones en estados de desarrollo posteriores, aunque no siempre, las aplicaciones fraccionadas de N han aportado buenos resultados (Ferrari et al., 2001; Barranco y Díaz-Zorita, 2005; Ventimiglia y Torres, 2013).

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 se presenta 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 (V_6 a V_7), 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 (Arrechea, 2010).

En las primeras instancias, tras la germinación de la semilla, la absorción de nitrógeno es muy lenta y respectivamente insuficiente. A partir de la emergencia 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 se completa. 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, en este momento la planta ocupa alrededor del 75 % del nitrógeno total que requiere. 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 y por ende la producción es afectada (Arrechea, 2010).

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 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 de productos orgánicos 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^-) como se mencionó anteriormente. 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 amoniaco (NH_3), la desnitrificación en forma de 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 que exportan ciertas cantidades de nitrógeno (Robertson & Vitousek, 2009).

Del uso de fertilizantes nitrogenados en un cultivo se deben tomar en consideración muchos aspectos, entre los principales se encuentran, 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 los productores, 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 la 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 (2008), quienes obtuvieron distintos rendimientos en varias campañas agrícolas por el hecho de existir una gran variabilidad de oferta hídrica en el transcurso del año.

Efectos del nitrógeno en el cultivo de maíz

Intagri (2015) 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. 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 V_6 y V_{12} 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 en cantidad suficiente en la solución del suelo; ya que funciona como un elemento regulador (García & Espinosa, 2009). Así mismo, Stamp et al. (2000), coincidieron al indicar que el cultivo de maíz, al enfrentarse a una deficiencia de nitrógeno durante el desarrollo de la hoja 6 a la 10, las plantas redujeron el número de granos por mazorca. 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 arvenses por nutrientes, agua y espacio que pueda afectar la futura cosecha.

Mediante un estudio se reconoció el efecto de acumulación de nutrientes presente en plantas de maíz, concluyendo en dos 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).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El experimento de campo se realizó en el sector San Marcos, ubicado al suroeste del cantón Santa Rosa, de la provincia de El Oro. En las coordenadas UTM: Norte: 9613070/ 9631470, Este: 611070 /638870, Altitud: 12 msnm.

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/ día y la humedad relativa oscila entre 65 y 85 %.

Los suelos predominantes son los Entisoles, Alfisoles e Inceptisoles, los cuales 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. Mientras los Alfisoles son suelos importantes para el sector agrícola ocupan un 33,86% con una extensión de 26 535 ha encontrados principalmente en las parroquias Bellamaría, La Avanzada y Bellavista y los Inceptisoles es el tipo de suelo donde se desarrolló el experimento, 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, 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 (SEMPADES, 2017).

Diseño experimental

Para la realización del experimento se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro réplicas (6 x 4), es decir 24 unidades experimentales o parcelas (Figura 4.1).

Figura 4.1. Distribución de los tratamientos en croquis del diseño experimental.

T ₆	T ₁	T ₄	T ₃	T ₅	T ₂
T ₂	T ₃	T ₅	T ₆	T ₁	T ₄
T ₃	T ₄	T ₆	T ₅	T ₂	T ₁
T ₄	T ₅	T ₂	T ₁	T ₆	T ₃

Tratamientos

En Tabla 4.1 se detallan los tratamientos utilizados en el experimento.

Tabla 4.1. Tratamientos utilizados en el experimento en kg/ha.

Dosificación	Tratamientos	Muriato de Potasio (kg/ha)	DAP (kg/ha)	Urea (kg/ha)
Testigo (0 kg N)	T ₁	0	0	0
20 kg N/ha	T ₂	166,67	108,69	0
60 kg N/ha	T ₃	166,67	108,69	86,95
60 kg N/ha (30 siembra + 30 V ₅ -V ₆)	T ₄	166,67	108,69	86,95 fraccionado
120 kg N/ha	T ₅	166,67	108,69	217,39

120 kg N/ha (30 siembra + 30 V ₅ -V ₆)	T ₆	166,67	108,6 9	217,39
--	----------------	--------	------------	--------

En cada uno de los tratamientos establecidos se aplicaron diferentes dosis de nitrógeno, de fósforo y potasio como fertilizantes de fondo, excepto en el testigo donde no se aplicó ningún tipo de fertilizante.

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 75 cm entre hileras y de 40 cm entre plantas. Se realizaron tres mediciones en el transcurso del experimento, respecto al alto de las plantas, midiéndose en 10 plantas que fueron seleccionadas en los dos surcos centrales de cada unidad experimental.

Replanteo del diseño experimental en el campo



Figura 4.2. Replanteo del diseño experimental en el terreno.

Se realizó la medición con cinta métrica y estaquillado, para la definición de cada unidad experimental y se formaron las 4 hileras por parcela. Cada unidad experimental quedó

establecida con un ancho de 3 m y un largo de 4 m, lo que equivale a un área de 12 m² (Figura 4.2),

Pesaje del fertilizante de cada tratamiento

Con relación al fósforo y el potasio, la cantidad de fertilizante necesaria para cada unidad experimental, se pesó y colocó en fundas independientes, para después aplicarlos en el campo, las cantidades fueron divididas para las 4 hileras o surcos correspondientes de cada unidad experimental (Figura 4.3).



Figura 4.3. Fundas con la cantidad de fósforo y potasio necesarios para cada unidad.

De igual forma, se pesó y colocó en fundas independientes, la cantidad de fertilizante nitrogenado correspondiente a cada tratamiento, el cual, se aplicó pocos días después de la siembra del maíz.

Fuentes de fertilizantes utilizadas

Las fuentes portadoras de cada elemento fueron urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio.

La 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.

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.

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 . Es un 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.

En la Figura 4.4 se muestran la forma en que se comercializan estos productos en el mercado nacional.





Figura 4.4. Fuentes portadoras de cada elemento nutritivo utilizado en el experimento.

Fuente: Agripac (2020).

Aplicación de los fertilizantes

Para la aplicación del fertilizante de fondo, cloruro de potasio y fosfato diamónico, se procedió a colocar uniformemente el contenido de las fundas en el fondo de los surcos, a una profundidad de unos 20 cm, después se cubrió con una capa delgada de suelo, hasta dejar el surco listo para la siembra de maíz. La urea se aplicó inmediatamente después de la siembra, después de un riego de agua.

Siembra del maíz

Una vez que se realizó la aplicación del fertilizante de fondo se realizó la siembra del maíz (Figura 4.5), se colocaron tres semillas por sitio a una distancia entre plantas de 40 cm y una distancia entre hilera de 75 cm, las semillas se colocaron en nueve hoyos de forma manual, un total de 36 plantas por cada parcela. Como se colocaron tres semillas en cada sitio se ocuparon 108 semillas por parcela y un total de 2592 semillas para todo el experimento.



Figura 4.5. Se aprecia a la estudiante realizando la siembra del maíz en las parcelas del experimento.

Actividades de campo realizadas en el manejo del experimento

Raleo

Cinco días después de la emergencia de las plantas, se realizó un raleo, se dejó una planta por sitio en todas las unidades experimentales.

Control de arvenses

Se realizó de forma manual, con azadón y periódicamente; con la finalidad de mantener el experimento libre de arvenses y evitar la competencia de éstas por nutrientes, agua y luz con el cultivo.

Riego de agua

Se realizó por gravedad durante tres horas cada dos días, para llegar hasta la capacidad de campo.

Evaluaciones realizadas

Altura de la planta

Para evaluar la variable altura, se seleccionaron 10 plantas en 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 dos surcos centrales de las parcelas.

Peso de biomasa

Con el auxilio de un machete se procedió cortar todas las plantas de cada unidad experimental. Luego se procedió a pesar la parte vegetativa aérea de la planta, con la ayuda de una balanza. Para facilitar la labor del pesaje todas las plantas fueron amarradas para poder realizar un solo peso por parcela. Se utilizó una balanza gramera, tipo comercial marca Camry (Figura 4.6).



Figura 4.6. Peso de la biomasa verde de maíz a los 75 días después de la siembra.

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.

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.

Procedimiento estadístico

Se realizaron todos los análisis con el programa estadístico, 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 intergrupos, 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 estadístico, 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta a los 30 DDS

En la evaluación de altura de la planta a los 30 DDS, el análisis estadístico (ANOVA) observó diferencias significativas ($p\text{-valor} \leq 0,05$) entre los seis tratamientos de fertilización estudiados.

En las primeras etapas del desarrollo de las plantas de maíz se observaron diferencias en relación a la altura de las plantas. El tratamiento 6 (120 kg N/ha (fraccionado en 60 kg N/ha en la siembra y 60 kg N/ha en la etapa vegetativa V_5 - V_6), presentó los mejores resultados, con un valor de 43,5 cm; mientras el tratamiento testigo, al igual que los tratamientos 3, 4 y 5 se mantuvieron en el mismo rango en relación al crecimiento y el tratamiento 2 con 20 kg de N/ha, resultó ser el que menos

altura alcanzó con un valor de 32,6 cm (Figura 4.7).

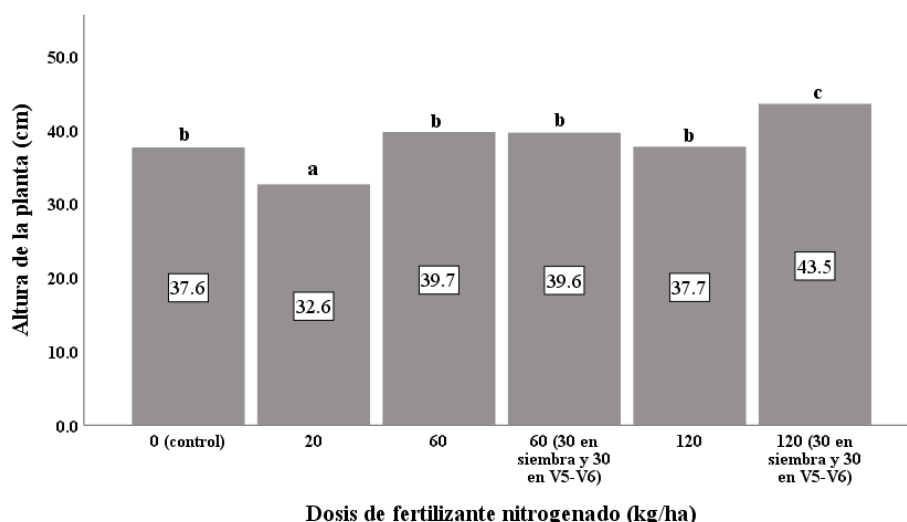


Figura 4.7. Efecto de la dosis de fertilizante nitrogenado en la altura de la planta de maíz a los 30 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de fertilizante nitrogenado en función de la altura de la planta de maíz a los 30 DDS para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

Como menciona Rengel (2004) en su estudio, el nitrógeno influye en el crecimiento considerablemente desde las primeras etapas de desarrollo de las plantas; en el maíz, el N absorbido a partir de los 27 días puede llegar incluso a 2,97 kg/ha/día, 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).

Altura de planta a los 45 DDS

Como se puede apreciar en la Figura 4.8, a los 45 DDS existe diferencia significativa en la altura de las plantas, con las aplicaciones de nitrógeno. El tratamiento 6 (120 t de N/ha

continúa liderando los valores de altura con un valor de 89,8 cm, mientras 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, mientras; el tratamiento 2 (20 kg de N/ha, que en primeras instancias se mantuvo muy por debajo de los otros tratamientos se encuentra casi a la par con el testigo, manifestando un valor de 69,8 cm.

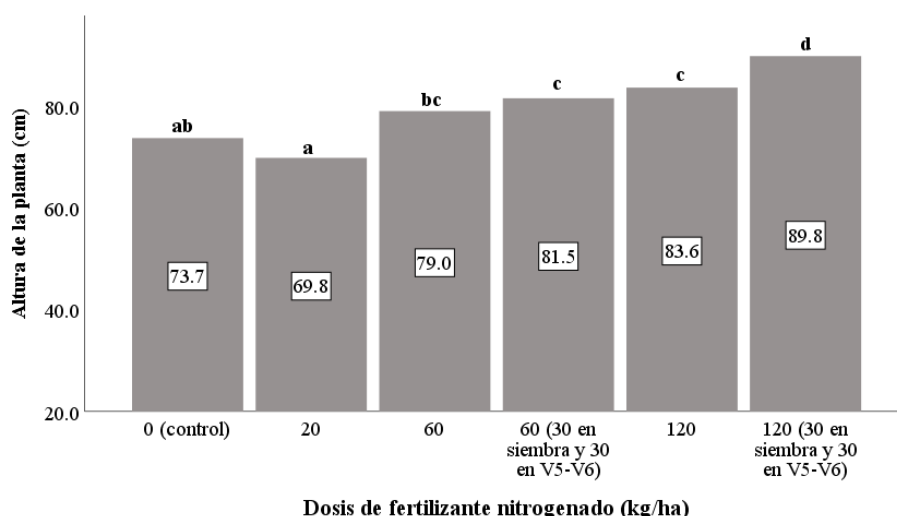


Figura 4.8. Efecto de la dosis de fertilizante nitrogenado en la altura de la planta de maíz a los 45 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de fertilizante nitrogenado en función de la altura de la planta de maíz a los 45 DDS para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

La altura es una variable que depende también del potencial genético del cultivar 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).

Altura de planta a los 75 DDS

El análisis estadístico realizado a la variable altura de la planta a los 75 DDS, demostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento 6 presentó los mejores resultados ya que alcanzó una altura promedio de 189,9 cm, este valor es significativamente superior a los tratamientos 1, 2, 3 y 4; con respecto al tratamiento 5, no mostró significancia, alcanzando un valor de 188,0 cm (Figura 4.9).

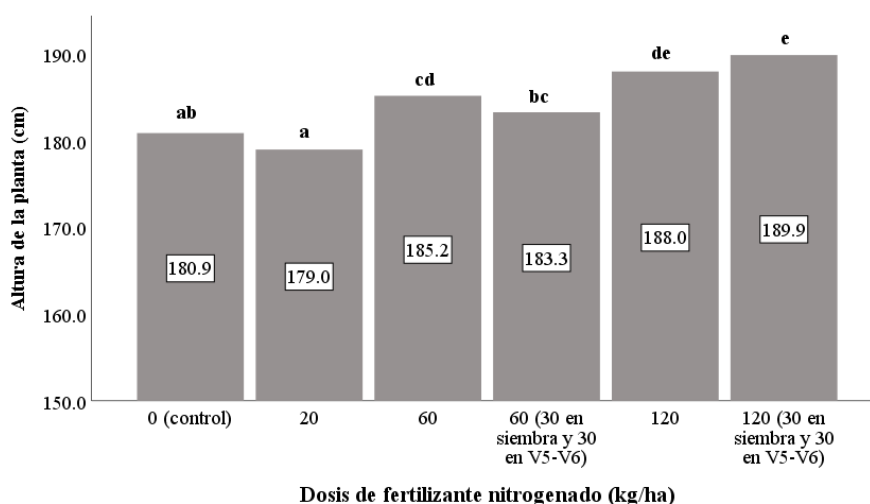


Figura 4.9. Efecto de la dosis de fertilizante nitrogenado en la altura de la planta de maíz a los 75 DDS.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las dosis de fertilizante nitrogenado en función de la altura de la planta de maíz a los 75 DDS para un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (prueba de Duncan).

En la variable altura de las plantas de maíz, a los 75 días después de la siembra, se aprecia un tamaño considerable de las plantas, todos los tratamientos presentaron valores superiores a 180 cm. En este parámetro se puede observar una respuesta más definida a los 75 DDS, momento en que el maíz detiene el crecimiento, porque comienza el período reproductivo, convirtiéndose la yema apical en yema floral.

Los tratamientos 3 y 4 alcanzaron valores similares de 185,2 y

183,3 cm 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 estuvo influenciado por la cantidad de N aplicado en cada tratamiento. Golla et al. (2018) mencionaron que la altura de las plantas se incrementa proporcionalmente en relación al aumento del nitrógeno presente en el suelo y disponible para la asimilación de las plantas, este autor en sus estudios obtuvo las siguientes alturas: 250,07 cm en el tratamiento testigo, 265,26 cm con la aplicación de 92 kg N/ha y 267,59 cm con una aplicación de 115 kg N/ha), debido al incremento en la tasa de nitrógeno, que tiene un efecto positivo en el vigor de las plantas y en la extensión internodal, porque habrá nitrógeno disponible durante el periodo de crecimiento y desarrollo del cultivo.

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, además de la cantidad de nutrientes disponibles en la solución del suelo, existen otros factores que influyen de manera directa, tales como las condiciones edafoclimáticas, el potencial productivo del cultivar y el manejo agronómico de la plantación de maíz (Somarriba, 1998) citado por Blessing y Hernández (2009).

En la Figura 4.11 se muestra un crecimiento lento pocos DDS; pero a partir de los 45 y hasta los 75 DDS, se aprecia un crecimiento vertiginoso en todos los tratamientos. El tamaño de las plantas de maíz, en las diferentes fechas de mediciones, mostró 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 experimento, el testigo al inicio de su desarrollo empezó a la par de los tratamiento 3, 4 y 5; aunque posteriormente alcanzó un rango de valores similares al tratamiento 2, este último se mantuvo con valores bajos en

todo el desarrollo del trabajo experimental.

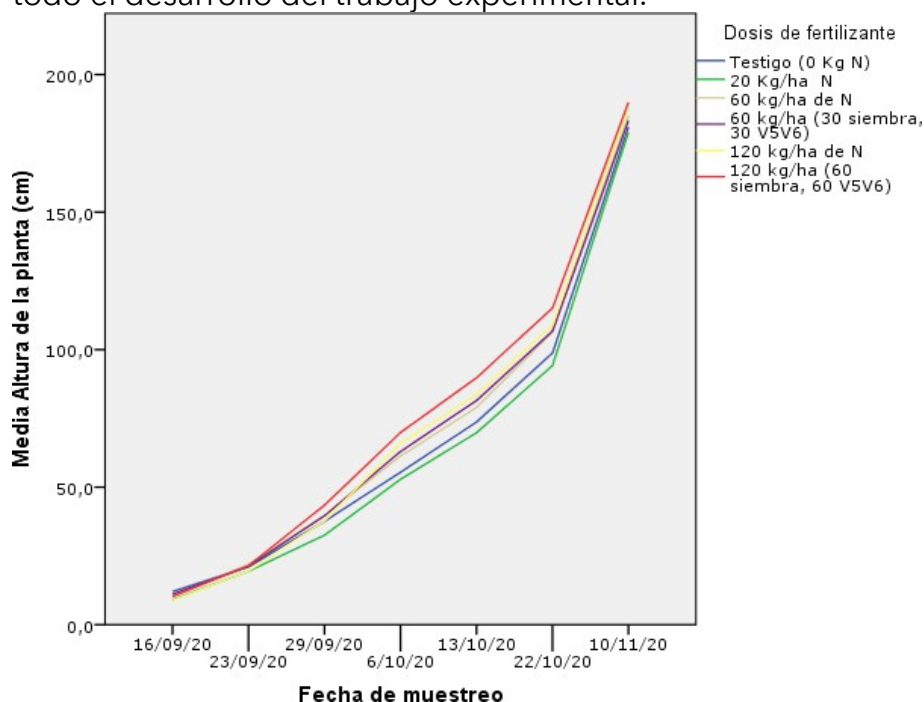


Figura 4.10. Comportamiento de la altura de la planta de maíz durante el desarrollo del experimento en dependencia de la cantidad de nitrógeno aplicada y el fraccionamiento realizado.

La ausencia de respuesta al nitrógeno, podría estar manifestada por una eminente tasa de mineralización de N en el suelo (Armand & Ferrari, 2018).

Fraccionamiento del nitrógeno

Con respecto al fraccionamiento de las dosis de nitrógeno, no se encontró influencia, ya que la prueba estadística de Kruskal-Wallis realizada, se pudo comprobar que el tratamiento 3, 60 kg de N/ha aplicados de una sola vez, las plantas de maíz presentaron una altura similar al tratamiento 4, donde se fraccionó la cantidad de nitrógeno aplica en dos partes (30 kg de N/ha en siembra y 30 kg de N/ha en la etapa de V₅V₆; un comportamiento similar ocurre con el los tratamientos 5 y 6 con la aplicación de 120 kg de N/ha en siembra y 60 en siembra más 60 en V₅V₆. Por tanto, en los tratamientos donde no se

dividió la dosis de nitrógeno, las plantas de maíz mostraron un crecimiento similar, alcanzando la misma altura que se podrían haber logrado sin necesidad de realizar aplicaciones fraccionadas de la dosis de N (Figura 4.11).

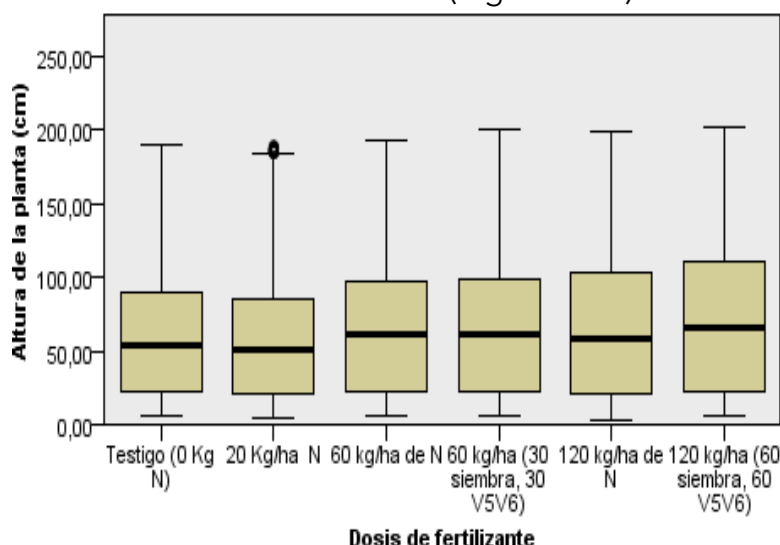


Figura 4.11. Prueba de Kruskal-Wallis para variable altura de las plantas de maíz, en dependencia de la aplicación fraccionada de nitrógeno.

Cabe destacar que la realización de aplicaciones fraccionadas de nitrógeno, encarece el costo de producción del maíz, por el empleo de fuerza de trabajo, si no se obtiene incremento de producción por el fraccionamiento, mucho menos se justifica realizar esta actividad de aplicación adicional de N.

Conteo poblacional

Como se puede observar la Tabla 4.3, 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.

Tabla 4.3. Cantidad de plantas de maíz por tratamiento.

Tratamientos	Réplicas				Media
	I	II	III	IV	
T ₁ (0 kg N/ha)	36	35	35	34	35,0
T ₂ (20 kg N/ha)	34	35	35	34	34,5
T ₃ (60 kg N/ha)	36	36	36	35	35,75
T ₄ (60 kg N/ha. 30 kg siembra y 30 kg V ₅ -V ₆)	36	36	36	35	35,75
T ₅ (120 kg N/ha)	34	35	36	34	34,75
T ₆ (120 kg N/ha. 60 kg siembra y 60 kg V ₅ -V ₆)	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, o sea, cantidad de plantas por unidad de superficie), ya que si se tienen más plantas en un área se puede obtener mayor biomasa vegetal, lo que depende del híbrido o cultivar que se utilice. 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, aunque deben considerarse aspectos como el manejo del cultivo, y las condiciones edafoclimáticas.

Peso de biomasa de maíz verde

El ANOVA de un factor aplicado al peso de la biomasa al final del experimento demostró que no existe diferencia significativa para esta variable ($p\text{-valor} \leq 0,05$) entre los tratamientos.

En el peso en biomasa verde no se encontró diferencia significativa entre los diferentes tratamientos de N; aunque existe una tendencia a nivel estadístico, en cuanto al rendimiento a razón de la cantidad de N aplicada que va en aumento como es el caso del tratamiento 6 (120 kg de N/ha, 60 kg en siembra y 60 kg en V₅-V₆), que alcanzó el valor más alto en esta variable con un total de 10,30 kg/parcela, seguidos por los tratamientos 4 y 5 con valores de 9,32 y 9,49 kg/parcela o unidad experimental de 12 m². El resto de los tratamientos (T₁, T₂ y T₃), presentaron menor producción de biomasa verde a los 75 DDS, los cuales quedan por debajo de la media general de 9,09 kg/parcela (Figura 4.12).

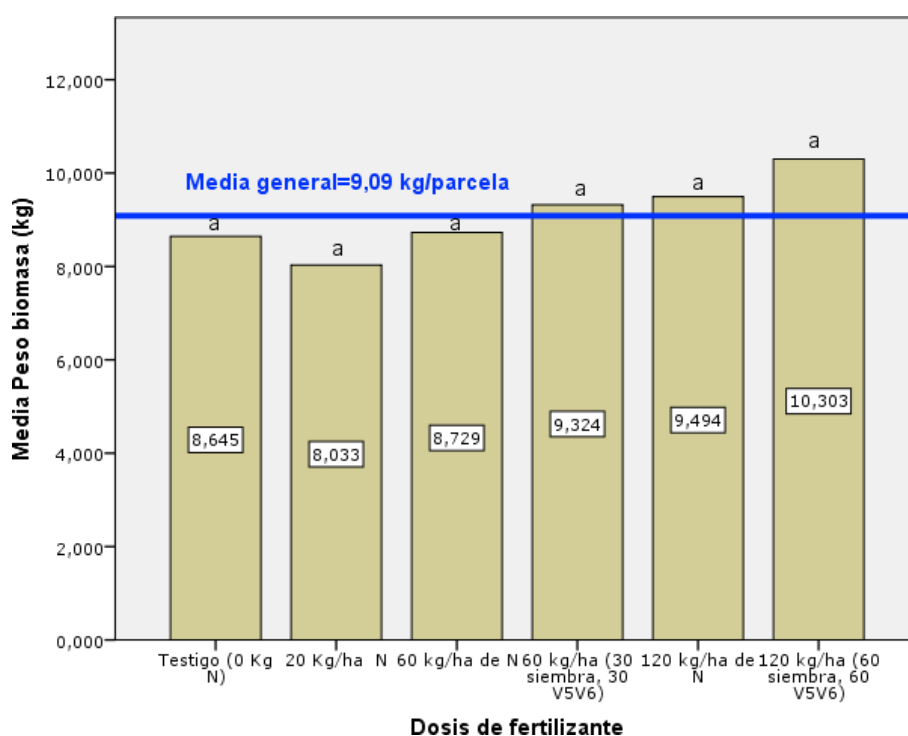


Figura 4.12. Efecto de las dosis de fertilizante nitrogenado en el peso de la biomasa fresca de maíz.

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).

Producción de biomasa verde por hectárea

A partir de la cantidad de biomasa verde obtenida en cada tratamiento por unidad experimental se calculó la producción de biomasa verde que produjo cada tratamiento de fertilización nitrogenada en t/ha, como se puede apreciar en la Tabla 4.4 el tratamiento 6, es el más cantidad de forraje verde produce 1,39 t/ha más que el testigo, lo que equivale a un 19 % más de producción, aunque esta diferencia no resulta significativa, sirve como una referencia para investigaciones futuras, en este caso, puede deberse a que el suelo del lugar donde se realizó el experimento, presenta muy buena fertilidad y prácticamente no se necesita realizar aplicaciones de N, por otra parte también queda en evidencia lo referente al fraccionamiento de N, porque el tratamiento 5 donde se aplicó la misma cantidad de N (120 kg/ha en una sola aplicación) alcanzó una producción de biomasa verde, menor al tratamiento que recibió 120 kg de N/ha en dos aplicaciones fraccionadas de 60 + 60 kg de N/ha; aunque la diferencia no es significativa estadísticamente.

Tabla 4.4. Producción de biomasa verde de maíz como forraje, a los 75 DDS en función de la cantidad de N aplicado.

Tratamientos		Toneladas/h	Porcentaje (%)
		a	
T ₁	Testigo (0 kg N)	7,20	100
T ₂	20 kg/ha N	6,69	93
T ₃	60 kg/ha	7,77	101

T ₄	60 kg/ha (30 siembra, 30 V ₅ -V ₆)	7,77	108
T ₅	120 kg/ha	7,91	110
T ₆	120 kg/ha (60 siembra, 60 V ₅ -V ₆)	8,59	119
Media general		7,58	105

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 solar, 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.

Producción de biomasa verde en dependencia de la dosis de N fraccionada

En la prueba de efectos intersujetos de la variable altura aplicada solo a las dosis fraccionadas, el análisis estadístico no encontró diferencias significativas ($p\text{-valor} > 0,05$) entre tratamientos con relación al fraccionamiento de la dosis aplicada a los tratamientos del 3 al 6.

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 4.13. La aplicación de 60 y 120 kg/ha de N, 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, aplicada la mitad, en siembra y la otra mitad en la fase V₅-V₆ con resultados muy similares; sólo se aprecia una tendencia al aumento de la dosis de N total; aunque no a la dosis fraccionada, por ello, no sería práctico la realización de un fraccionamiento del N, ya que al final los resultados son homogéneos. Por otra parte, una segunda aplicación de fertilizante encarece los costos de producción.

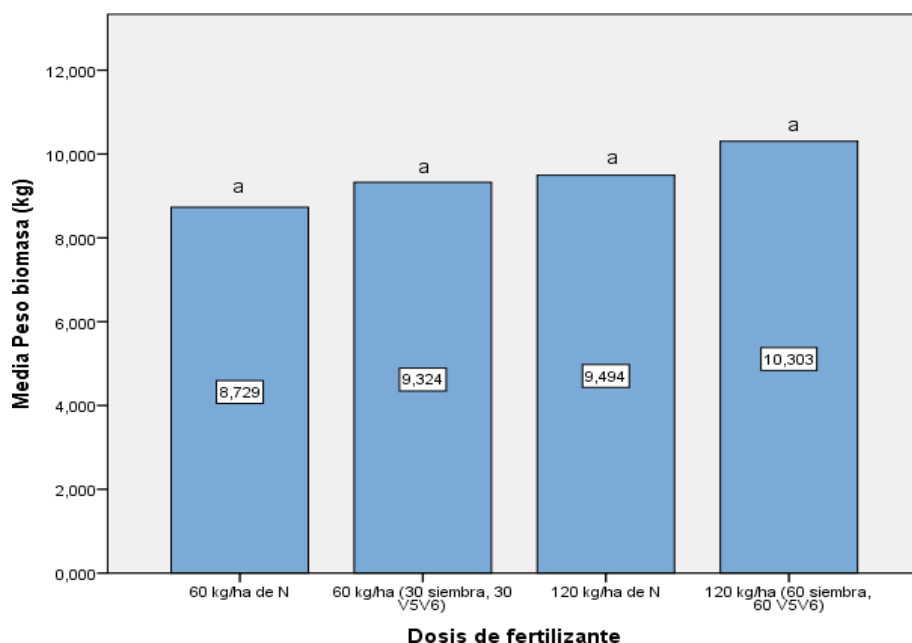


Figura 4.13. Influencia del fraccionamiento de N en la producción de biomasa de maíz.

Ante las condiciones expuestas, se puede afirmar que el fraccionamiento del fertilizante nitrogenado, no sería necesario en este sitio en específico, ya que no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos que recibieron la misma cantidad de nitrógeno de una sola vez y fraccionada. Abraham y Falco (2016) citados por Armand y Ferrari (2018) no encontraron respuesta alguna al agregar fertilizante de manera fraccionada en el estado V₆ del maíz, comparando las dosis de 130, 180, 230 y 280 kg/ha de N, en relación con testigo, donde se 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; aunque, según Okumura et al. (2011) el fraccionamiento de N es una práctica agronómica importante que mejora la eficiencia en su utilización, y evita pérdidas para el ambiente y efectos sobre la producción de maíz, comprobado por el estudio desarrollado por Chura et al. (2019), quienes obtuvieron el mayor rendimiento con la aplicación de 200 kg ha⁻¹ de N, fraccionado en los estadios V₂

(50%) y V_7 (50%) y utilizando una población de 69 444 plantas ha^{-1} .

Sin embargo, Sadeghi et al. (2018) indicaron que la aplicación de N en dosis adecuadas posibilita incrementos del rendimiento en el cultivo de maíz seco, cuando son controlados los demás factores limitantes de la producción. Por otro lado, Barker y Bryson (2007) señalaron que recomendar dosis apropiadas de N es extremadamente complejo debido a que el nutrimento esencial para las plantas es muy dinámico y sufre diversas transformaciones en el suelo (mineralización, nitrificación, desnitrificación, inmovilización, volatilización y lixiviación) relacionados con factores climáticos y bióticos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que, hubo diferencia significativa entre los tratamientos de fertilizante nitrogenado utilizados, en la variable altura de las plantas de maíz a los 30, 45 y 75 después de la siembra; sin embargo, esta diferencia en la altura de las plantas, no tuvo influencia en la producción de biomasa, ya que, en este parámetro, no se encontró diferencia significativa en las diferentes dosis de nitrógeno aplicadas. Sólo se observó que existe normalidad, pero sí cabe señalar que se manifestó una tendencia de mayor producción de biomasa en el tratamiento 6 que recibió una dosis total de N de 120 kg/ha con respecto al resto de los tratamientos; mientras donde se aplicó 20 kg N/ha se obtuvo la menor cantidad de biomasa.

El tratamiento que tuvo los mejores resultados, para altura como para peso de biomasa, fue el que recibió 120 kg N/ha (fraccionado en 60 kg N/ha en siembra más 60 kg N/ha en la etapa de crecimiento V_5 - V_6 , con un valor de 190 cm en el parámetro altura a los 75 días después de la siembra y un peso de biomasa 8,59 t/ha.

Tanto en altura de las plantas como en producción de biomasa, el tratamiento que tuvo los resultados más bajos, fue el que recibió una dosis de 20 kg N/ha (T_2), con un valor de 179 cm en el parámetro altura a los 75 DDS y un peso de biomasa de 6.694 t/ha. Cabe señalar que la fuente portadora de N en este

tratamiento fue el Fosfato Diamónico, por 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.

La aplicación del fertilizante nitrogenado en diferentes momentos (siembra y V5-V6) en los tratamientos 4 y 6, no tuvo resultados positivos, en relación a la altura y la biomasa de forraje verde obtenidos de los tratamientos 3 y 5, quienes recibieron la misma cantidad de N; (60 y 120 kg/ha de una sola vez en el momento de la siembra) alcanzaron resultados similares. Esto demuestra que la aplicación fraccionada de N en el cultivo del maíz no es una práctica que mejore la producción. Por lo que, resulta más, práctico y económico aplicar todo el nitrógeno de una sola vez, en el momento de la siembra, más si se trata de siembra mecanizada.

El elemento nutritivo que más demanda el cultivo del maíz es el nitrógeno, de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se aprecia que el sitio donde se desarrolló el experimento, posee un suelo de buena fertilidad; ya que el tratamiento testigo, que no recibió ninguna aplicación de N, tuvo buenos rendimientos, lo cual puede estar relacionado a que, el sitio ha permanecido en condiciones de barbecho, alrededor de unos 20 años y por ende no ha sufrido perturbaciones antrópicas, debido a la explotación agrícola, ni por la exportación de nitrógeno que realizan los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, I., Falco, N. (2016). *Efecto de la fertilización nitrogenada tardía (V10-12) sobre el rendimiento de maíz en condiciones de riego y seco*. Montevideo, Uruguay.
- Álvarez, R., Steinbach, H., Álvarez, C., Grigera, S. (2003). Recomendaciones para la fertilización nitrogenada de trigo y maíz 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 nitrógeno 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. *Ciencia del suelo*, 197-203. Versión on line ISSN 1850-2067.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672005000200010
- Barker, A.V.; Bryson, G.M. 2007. Nitrogen. In: Barker, A.V.; Pilbeam, D.J. (Comp.). *Handbook of plant nutrition*. Taylor & Francis Group, Boca Ratón, Florida, USA. pp. 21-50.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b18458/handbook-plant-nutrition-allen-barker-david-pilbeam>
- 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). *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.
- Chura, J; Mendoza-Cortez, J. W; de la Cruz, J. C. (2019). Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria* 10(2): 241 - 248.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7017354>
- 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.
<https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNANI.038600/Details>
- FAO. (2020). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. From Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>.
- Ferrari, M. C; Ostojic J. J; Ferraris, G. N; Ventimiglia, L. A; Carta, H. C. Rillo, S. N. (2001). Momento de aplicación de fertilizante nitrogenado en maíz de siembra directa. VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino 7 al 9 de noviembre de 2001.
- 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.
- Intagri. (2015, marzo). *Intagri*. From Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/siete-maravillas-alto-rendimiento-maiz-parte-clima-nitrogeno-hibrido>.
- 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 Agronómica*, 5-8.

- 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.
- Sadeghi, S. M.; Noorhosseini, S. A.; Damalas, C. A. (2018). Environmental sustainability of corn (*Zea mays* L.) production on the basis of nitrogen fertilizer application: the case of Lahijan, Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 95: 48-55. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118305082>
- 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 Nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región pampeana norte. *Ciencia del suelo*, 199-212.
- SEMPADES. (2017). *Actualización 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., Kaises, O. (2000). Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. *Crop Sci*, 1586- 1587.

ISBN: 978-9942-53-117-9



Compás
capacitación e investigación