



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA**



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación del desarrollo inicial del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de fertilización química y orgánica.

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO.

AUTOR:

ANDERSON XAVIER PILLA GUAMAN

TUTOR:

ING. Mg. JORGE DOBRONSKI ARCOS

CEVALLOS – ECUADOR

2024

"Evaluación del desarrollo inicial del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de fertilización química y orgánica"

REVISADO POR:



Ing. Mg Jorge Dobronski Arcos

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

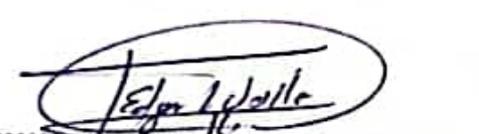
Fecha

08/02/2024



Ing. Patricio Núñez, PhD.

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Ing. Mg. Valle Velastegui Edgar Luciano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

08/02/2024



Ing. Mg. Veloz Naranjo Walter Oswaldo

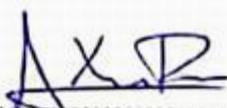
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

08/02/2024

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **ANDERSON XAVIER PILLA GUAMAN**, portador de cédula de ciudadanía número: 2000111134, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: "Evaluación del desarrollo inicial del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de fertilización química y orgánica" es original, auténtico y personal.

En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



.....
ANDERSON XAVIER PILLA GUAMAN

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “Evaluación del desarrollo inicial del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de fertilización química y orgánica” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



.....
ANDERSON XAVIER PILLA GUAMAN

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado a Dios, por guiar siempre mi camino día a día y nunca rendirme. A toda mi familia que me ha apoyado en todo este camino Universitario y siempre han confiado en mí.

A mi madre Gloria Guamán quien ha sido mi apoyo, me han dado la oportunidad de estudiar y salir adelante, y a pesar de la distancia siempre me ha aconsejado y me ha dado ánimos para luchar y seguir adelante.

A mi padre Pedro Pilla quien al igual que mi mamá me ha estado apoyando durante toda esta trayectoria, quien siempre se ha preocupado por mi bienestar todos los días, quien ha sido un ejemplo para seguir por lo amigable, bondadosa, y respetuosa persona que siempre ha sido.

A mi hermana, la persona que siempre me ayuda en todo lo que he necesitado, me ha impulsado a seguir a delante con lo ha hecho ella, durante toda esta trayectoria siempre hemos sido los dos ya sean días bueno o malos siempre hemos sido los dos juntos.

A mis tías, abuelas y primos quienes en diversas ocasiones me han aconsejado que siga adelante siendo siempre la persona que he sido, de igual manera agradecer en especial a mi tía Zoila Guamán quien se convirtió en la persona que más afecto llegue a tener mientras estudiaba ya que se convirtió en mi segunda madre y a pesar de la distancia siempre llevo presente su cariño, amor y apoyo que me brindaba.

ANDERSON XAVIER PILLA GUAMAN

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento infinito a Dios, por sus bendiciones día a día para comenzar con energía, salud y toda la actitud de seguir adelante, por proteger a toda mi familia darles salud y bienestar en el hogar.

Agradecer a la Universidad Técnica de Ambato por brindarme la educación y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por lo conocimientos y experiencias vividas en esta trayectoria. Por su excelente personal docente, su campus universitario, y todo el personal encargado de que la vida universitaria sea la mejor que un joven estudiante pueda vivir.

Darle las gracias a mi tutor el Ing. Jorge Dobronski por sus conocimientos que me ha brindado a lo largo de la carrera. De igual manera a todos los ingenieros que me brindaron sus conocimiento y experiencias en las diferentes cátedras de la carrera.

Agradecer a mis padres Gloria Guamán y Pedro Pilla, de igual manera a mi hermana Jennifer Pilla por su paciencia, sabiduría y consejos los cuales fueron importantes para poder conseguir este gran logro.

A mis compañeros quienes me brindaron su amistad desde el primer día en que llegue a entrar a la Universidad, quienes se convirtieron en mis mejores amigos, los cuales siempre salíamos adelante juntos a pesar de las diferentes situaciones que se nos presentaba.

ANDERSON XAVIER PILLA GUAMAN

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes Investigativos	3
1.3 Características fundamentales	4
1.3.1 Cultivo de maíz	4
1.3.1.1 Origen.....	4
1.3.1.2 Clasificación Botánica	4
1.3.1.3 Descripción botánica	5
1.3.1.4 Raíces	5
1.3.1.5 Tallos	5
1.3.1.6 Hojas.....	6
1.3.1.7 Inflorescencia	6
1.3.1.8 Mazorca.....	6
1.3.1.9 Estructura del grano	7
1.3.2 Germinación y crecimiento	7
1.3.2.1 Proceso de germinación	7
1.3.2.2 Fase de crecimiento	7
1.3.3 Etapas fenológicas.....	8
1.3.3.1 Etapa inicial	8
1.3.3.2 Etapa de desarrollo	8
1.3.3.3 Etapa intermedia	8
1.3.3.4 Etapa de maduración	8
1.3.4 Requerimientos nutricionales	9
1.3.5 Fertilizantes	9
1.3.5.1 Fertilizante químico	9
1.3.5.2 Fertilizante orgánico	11
1.4 Objetivos	12
1.4.1 Objetivo general	12
1.4.2 Objetivos específicos.....	12

CAPÍTULO II	13
METODOLOGÍA	13
2.1 Metodología	13
2.1.1 Ubicación del experimento	13
2.1.2 Características del lugar	13
2.1.2.1 Clima	13
2.1.2.2 Suelo y agua	13
2.2 Materiales.....	14
2.3 Factores de estudio	15
2.4 Tratamiento	15
2.5 Diseño experimental.....	16
2.6 Características del ensayo	16
2.7 Esquema de la unidad experimental	17
2.8 Diseño de parcela	18
2.9 Manejo experimental.....	18
2.9.1 Análisis de suelo	18
2.9.2 Preparación del suelo:	19
2.9.3 Distribución de los bloques:	19
2.9.4 Siembra:	19
2.9.5 Fertilización:	19
2.9.6 Control de maleza:	20
2.9.7 Riego:.....	20
2.10 Variables respuestas	20
CAPÍTULO III.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	22
3.1.1 Porcentaje de germinación	22
3.1.2 Altura de la planta a los 60 días.....	23
3.1.3 Número de hojas a los 60 días	25
3.1.4 Longitud radicular a los 60 días	27
3.1.5 Diámetro del tallo a los 60 días	29
CAPÍTULO IV	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
4.1 Conclusiones	32
4.2 Recomendaciones.....	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz.	5
Tabla 2. Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz.	9
Tabla 3. Esquema de la distribución para la aplicación de los tratamientos en el experimento.	15
Tabla 4. Análisis de varianza de la variedad de porcentaje de germinación a los 10 días.	22
Tabla 5. Análisis de varianza de la variable altura de la planta a los 60 días.	23
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable número de hojas de la planta a los 60 días.	26
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable longitud radicular de la planta a los 60 días.	27
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las parcelas.....	17
Figura 2. Distribución de los tratamientos.....	18
Figura 3. Distribución de medias para la variable porcentaje de germinación a los 10 días.....	23
Figura 4. Distribución de medias para la variable altura de la planta a los 60 días para tratamientos.....	24
Figura 5. Distribución de medias para la variable altura de la planta a los 60 días para grupos.....	24
Figura 6. Distribución de medias para la variable altura de la planta a los 60 días para el grupo 1.....	25
Figura 7. Distribución de medias para la variable número de hojas a los 60 días para el grupo 1.....	26
Figura 8. Distribución de medias para la variable longitud radicular a los 60 días para tratamientos.....	28
Figura 9. Distribución de medias para la variable longitud radicular a los 60 días para el grupo 2.....	28
Figura 10. Distribución de medias para la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días para tratamientos.....	30
Figura 11. Distribución de medias para la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo.....	37
Anexo 2. Porcentaje de germinación a los 10 días.	38
Anexo 3. Altura de la planta a los 60 días (cm).....	38
Anexo 4. Prueba de Tukey al 5% de la variable altura de la planta a los 60 días para tratamientos.	38
Anexo 5. Prueba de Tukey al 5% de la variable altura de la planta a los 60 días para grupos.	38
Anexo 6. Prueba de Tukey al 5% de la variable altura de la planta a los 60 días para el grupo 1.....	39
Anexo 7. Número de hojas de la planta a los 60 días.	39
Anexo 8. Prueba de Tukey al 5% de la variable número de hojas a los 60 días para el grupo 1.	39
Anexo 9. Longitud radicular de la planta a los 60 días (cm).	39
Anexo 10. Prueba de Tukey al 5% de la variable longitud radicular a los 60 días para tratamientos.	40
Anexo 11. Prueba de Tukey al 5% de la variable longitud radicular a los 60 días para el grupo 2.....	40
Anexo 12. Diámetro del tallo a los 60 días (mm).	40
Anexo 13. Prueba de Tukey al 5% de la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días para tratamientos.....	41
Anexo 14. Prueba de Tukey al 5% de la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días.	41
Anexo 15. Preparación del terreno.....	41
Anexo 16. Elaboración de los bloques y las parcelas.	42
Anexo 17. Siembra.....	43
Anexo 18. Riego del cultivo.	43
Anexo 19. Limpia de malezas.....	44
Anexo 20. Toma de datos de altura de la planta.	45
Anexo 21. Toma de datos de numero de hojas.	46
Anexo 22. Toma de datos de longitud radicular.	46
Anexo 23. Toma de datos de diámetro de tallo.	47

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en el cantón San Pedro de Pelileo, parroquia Salasaca. Con el objetivo de evaluar el desarrollo inicial del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de fertilización química y orgánica, para determinar la eficiencia de cada uno de los fertilizantes con sus respectivas dosis. En donde las variedades de estudio fueron: porcentaje de germinación, altura de la planta, número de hojas presentes en la planta, longitud radicular y diámetro del tallo. Se utilizó el diseño experimental de parcelas divididas siendo la parcela principal los fertilizantes y las sub-parcelas los niveles del fertilizante, estructuradas en bloques completos al azar con tres repeticiones, con análisis jerárquico o anidado. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un ADEVA y la prueba de Tuckey al 5% arrojando los siguientes resultados: para la variable número de plantas germinadas a los 10 días no se presentó una significancia estadística. Para la altura de la planta a los 60 días el mejor tratamiento fue F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/ha) con 64,52 cm y F2N1 (fertilizante orgánico 10 t/ha) con 55,44 cm siendo el de menor altura. En el número de hojas presentes en la planta a los 60 días se presentó una significancia estadística en el grupo 1 (Fertilizante químico) en donde F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/ha) presenta una media de 7,57 hojas fue el mejor, mientras que F1N1 (Fertilizante químico 300 kg/ha) mostró un promedio de 6,70 hojas fue el de menor valor. En cuanto a longitud radicular a los 60 días el mejor tratamiento fue F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/ha) con una media de 20,03 cm, mientras que F2N1 (Fertilizante orgánico 10 t/ha) con una media de 17,00 cm presenta el menor valor. Finalmente, en el diámetro de tallo a los 60 días F2N2 (Fertilizante orgánico 20 t/ha) se obtiene una media de 18,63 mm siendo el mejor valor y F2N1 (Fertilizante orgánico 10 t/ha) con una media de 16,34 mm muestra el valor más bajo.

Palabras claves: maíz, fertilizante químico, fertilizante orgánico, nivel, diámetro, longitud.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the canton of San Pedro de Pelileo, parish Salasaca. With the aim of evaluating the initial development of the corn crop (*Zea mays* L.) with the application of chemical and organic fertilization, to determine the efficiency of each of the fertilizers with their respective doses. Where the study varieties were: germination percentage, plant height, number of leaves present in the plant, root length and stem diameter. The experimental design of divided plots was used, the main plot being fertilizers and sub-plots, the levels of fertilizer, structured in random complete blocks with three repetitions, with hierarchical or nested analysis. The data obtained were analyzed by ADEVA and the Tuckey test at 5% yielding the following results: for the variable number of germinated plants at 10 days no statistical significance was presented. For the height of the plant at 60 days the best treatment was F1N2 (chemical fertilizer 400 kg/ha) with 64.52 cm and F2N1 (organic fertilizer 10 t/ha) with 55.44 cm being the lowest height. In the number of leaves present in the plant at 60 days a statistical significance was presented in group 1 (chemical fertilizer) where F1N2 (chemical fertilizer 400 kg/ha) presented an average of 7.57 leaves was the best, while F1N1 (chemical fertilizer 300 kg/ha) showed an average of 6.70 sheets was the lowest value. In terms of root length at 60 days the best treatment was F1N2 (chemical fertilizer 400 kg/ha) with an average of 20.03 cm, while F2N1 (organic fertilizer 10 t/ha) with an average of 17.00 cm has the lowest value. Finally, in the stem diameter at 60 days F2N2 (organic fertilizer 20 t/ha) an average of 18.63 mm is obtained being the best value and F2N1 (organic fertilizer 10 t/ha) with an average of 16.34 mm shows the lowest value.

Keywords: corn, chemical fertilizer, organic fertilizer, level, diameter, length.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

Los cereales conforman el 50% de las exigencias del ser humano en energía de forma directa, pese a que carece de algunas proteínas. El arroz, maíz, trigo, cebada, sorgo son granos o semillas los cuales son comestibles que forman parte de las gramíneas. Llegan a ser muy importante en la agricultura ya que estas contienen azúcares (18%), proteínas (25%) y de igual forma son exuberantes en vitaminas B y E, adicionalmente que poseen una gran cantidad de enzimas lo cual ayuda a mantener una excelente nutrición de tal modo que llega a ser un cultivo muy demandado en todos los países del mundo, de tal forma que es producida en grandes proporciones para la exportación a nivel nacional e internacional (Blacio, 2020).

Según (Velásquez *et al.*, 2021) nos indica que el cultivo de maíz es uno de los cultivos más importantes dentro de la dieta de la población, debido a la superficie que es destinada para su cultivo; según datos obtenidos en 2020 se obtuvieron 74018 hectáreas de maíz en la Sierra, con un rendimiento promedio de 3,68 toneladas por hectárea de choclo y 1,63 toneladas por hectárea en grano seco.

El maíz es un cultivo el cual se la identifica por sus características tanto morfológicas como agronómicas, para lograr identificar las diferentes variedades de maíz de otras son mediante la precocidad, color de grano y usos. En el Ecuador el maíz es uno de los cultivos más importantes, debido a las grandes extensiones de terrenos los cuales son destinados a su cultivo, dando como tal una gran importancia en la dieta básica la población rural (Obando, 2019).

En nuestro país se considera al cultivo de maíz un producto dominante e importante dentro de la economía, el cultivo de maíz se lo puede cultivar en pequeñas y grandes extensiones o áreas, tanto en la región Costa como en la región Sierra, la que se encuentra sujeta a diferentes condiciones climáticas y ambientales de la cual se estima que entre el 50 a 80% de la producción va dirigido a la alimentación de los

cerdos, aves y bovinos (Tomalá, 2023).

Para obtener una mayor producción del maíz se logra obtener mediante un buen manejo del suelo, no salino, textura media, una buena retención de agua y con una excelente fertilidad: buenos niveles de materia orgánica, fósforo y potasio. En cuanto a la fertilización, es uno de los aspectos en donde se puede considerar un cierto ahorro (Boixadera *et al.*, 2005).

Para la obtención de un alto rendimiento del cultivo está relacionado con un eficiente uso de los fertilizantes, el suelo tiende a agotar los nutrientes presentes en si debido a las continuas cosechas que se realizan los cuales lo disminuyen, por ende, el uso de los fertilizantes es importante para reintegrar los nutrientes perdidos y la capacidad productiva del suelo. Además, que una planta con los nutrientes adecuados crece y se desarrolla adecuadamente y es propenso a tolerar los daños causados por el medio ambiente y sanitarios (Arquímedes, 2013).

La utilización de los abonos orgánicos es una práctica esencial para la restauración de los suelos degradados, estas actúan como enmiendas las cuales se incorporan al suelo con facilidad para restablecer las propiedades físicas, químicas y sobre todo su fertilidad. Para obtener un mejor aprovechamiento del nitrógeno presente en los abonos orgánicos una medida es incorporarlo al momento en que la planta lo necesite ya que de esta manera se logra un buen aprovechamiento (González y Paz, 2020).

En cuanto al desarrollo del maíz, esta se encuentra relacionada con la cantidad de radiación diaria que logra captar, otro de los factores que es importante es la temperatura debido a que en la planta actúan las tasas de respiración y fotosíntesis, en donde el impacto más relevante es la posibilidad de alterar las etapas fenológicas del maíz, dentro de estos factores existe otro factor el cual es la disposición del agua con la que llega a contar, ya que ésta llega a afectar el total desarrollo vegetativo, y por ende llegaría a afectar su producción (Ron Peñafiel, 2021).

1.2 Antecedentes Investigativos

(Zambrano y Caviedes, 2022) manifiesta que el nitrógeno es uno de los principales nutrientes que necesita el cultivo de maíz, de igual manera se estudia los requerimientos de los macronutrientes (N, P, K, Mg y S), identificaron que el cultivo de maíz incrementa la absorción de N a los 30 días hasta aproximadamente hasta los 100 días. Llega a tener una absorción entorno a los 180 kg ha-1 de N época de lluvia, y 150 Kg ha-1 en época seca.

Según (Medina Méndez *et al.*, 2018) en su trabajo de investigación “Rendimiento del maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche”, el incremento en el rendimiento pudo deberse a que la fertilización impulsó el desarrollo de la raíz y esto ayudó a la planta a amortiguar el efecto de la sequía ocurrida en la fase vegetativa y así el maíz fertilizado produjo mayor biomasa en general.

Según (Fortis Hernández *et al.*, 2009) a través de su trabajo de investigación “Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo”, nos indica que la aplicación de abonos orgánicos incrementa la presencia de nitratos lo que permitiría no aplicar nitrógeno al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola.

Según (Báez y Marín, 2010) muestra mediante su estudio “Evaluación de una mezcla de abonos orgánicos versus fertilizantes sintéticos sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), El Plantel, Masaya” que no hubo una diferencia significativa en cuanto al crecimiento y rendimiento las cuales eran las variables evaluadas, no obstante, en el manejo convencional el cual presentó un rendimiento ligeramente mayor más alto de 4300 kg ha-1 contra 4280 kg ha-1 del manejo orgánico.

(Guevara Rodríguez, 2010) demostró que la mayor altura de la planta de maíz se la obtuvo del tratamiento con fertilizante químico (10-30-10) con 2,13 m, seguido del tratamiento de fertilizante orgánico con 2,05 m, en donde no existe una significancia estadística entre los tratamientos entre los dos, mientras que en el tratamiento testigo

si existe una diferencia significativa la cual presenta 1,40m de altura.

(Gavilánez Luna & Gómez Vargas, 2022) nos indican que los rendimientos más altos obtenidos en el maíz entre 10 y 11 t ha⁻¹, se logra obtener mediante la aplicación de 110 a 140 kg ha⁻¹ de nitrógeno, de 50 a 70 kg ha⁻¹ de fósforo y de 100 a 140 kg ha⁻¹ de potasio; para obtener un mayor rendimiento en productividad.

1.3 Características fundamentales

1.3.1 Cultivo de maíz

1.3.1.1 Origen

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la Biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón. El maíz surgió aproximadamente entre los años 8000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur. El ecosistema que dio lugar al maíz fue de invierno - seco estacional en alternancia con las lluvias de verano y en una región montañosa, de cuevas empinadas y sobre roca caliza (Acosta, 2009).

1.3.1.2 Clasificación Botánica

Según (Giannella, 2021) el maíz se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Tabla 1

Clasificación taxonómica del maíz (Zea mays L.)

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Zea
Especie	Mays
Nombre Científico	<i>Zea mays</i> L.

1.3.1.3 Descripción botánica

El maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo de porte robusto y con un rápido desarrollo, que puede alcanzar hasta 5 metros de altura (lo normal es de 2 a 2,50 metros (Ortigoza et al., 2019).

1.3.1.4 Raíces

Son fasciculadas y robustas y su misión es, además de aportar alimento a la planta, ser un perfecto anclaje de la planta que se refuerza con la presencia de raíces adventicias (Ortigoza et al., 2019).

1.3.1.5 Tallos

El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo tiene entrenudos muy cortos de los que salen las raíces principales y los brotes laterales.

Los entrenudos superiores son cilíndricos; en corte transversal se observa que la epidermis se forma de paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas (Ortigoza et al., 2019).

1.3.1.6 Hojas

Este cereal tiene la hoja similar a la de otras gramíneas; está constituida de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo. El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta. La lámina es una banda angosta y delgada hasta de 1,5 m. de largo por 10 cm. de ancho, que termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bien desarrollado, es prominente en el envés de la hoja y cóncavo en el lado superior (Ortigoza et al., 2019).

1.3.1.7 Inflorescencia

El maíz es una planta monoica, tiene flores masculinas y flores femeninas separadas, pero en la misma planta. La flor masculina tiene forma de panícula y está situada en la parte superior de la planta. La flor femenina, la futura mazorca, se sitúa a media altura de la planta. La flor está compuesta en realidad por numerosas flores dispuestas en una ramificación lateral, cilíndrica y envuelta por falsas hojas, brácteas o espata (Ortigoza et al., 2019).

1.3.1.8 Mazorca

Al contrario de la mayor parte de las gramíneas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubren por completo (Ortigoza et al., 2019).

1.3.1.9 Estructura del grano

Los granos se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1000 granos según el número de hileras, el diámetro y longitud de la mazorca (Ortigoza et al., 2019).

El peso del grano puede variar, de aproximadamente 19 a 30 g por cada 100 granos. Durante la recolección, las panojas de maíz son arrancadas manual o mecánicamente de la planta. Se pelan las brácteas que envuelven la mazorca y luego se separan los granos a mano o, más a menudo, mecánicamente. El número de granos y de filas de la mazorca dependerá de la variedad y del vigor del maíz (Ortigoza *et al.*, 2019).

1.3.2 Germinación y crecimiento

1.3.2.1 Proceso de germinación

La germinación es un proceso fisiológico que finaliza con la emergencia del embrión que está contenido en la semilla. Este proceso es influenciado por factores externos e internos. Para que una semilla germine debe ocurrir un proceso de absorción de agua que es conocido como imbibición. Este proceso activa procesos metabólicos que promueven la expansión del embrión, y desarrollo y emergencia de la radícula. La absorción de agua por la semilla es la etapa inicial de la germinación (Mayagüez, n.d.).

1.3.2.2 Fase de crecimiento

En esta última fase de la germinación, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales. Las semillas que han alcanzado la fase de crecimiento no pueden volver a etapas anteriores y en el caso de que las condiciones del medio no

permitan que esta fase pueda seguir adelante, la semilla morirá. Una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de la plántula, proceso complejo y variable según las especies, que implica un elevado gasto de energía que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla (Pita y Perez, 2008).

1.3.3 Etapas fenológicas

1.3.3.1 Etapa inicial

La etapa inicial abarca desde la siembra hasta la emergencia de las plántulas, la duración de la etapa fenológica inicial del cultivo de maíz es de 18 días (Ron Peñafiel, 2021).

1.3.3.2 Etapa de desarrollo

La etapa de desarrollo es la fase en donde la planta experimenta cambios y crecimientos significativos en su estructura y fisiología. La duración de la etapa fenológica de desarrollo del cultivo de maíz es de 90 días (Ron Peñafiel, 2021).

1.3.3.3 Etapa intermedia

La etapa intermedia está caracterizado por el crecimiento vegetativo de la planta, la formación de estructuras reproductivas y la preparación para la etapa de reproducción. La duración de la etapa fenológica intermedia del cultivo de maíz es de 44 días (Ron Peñafiel, 2021).

1.3.3.4 Etapa de maduración

La etapa de maduración es la fase final del ciclo de crecimiento de la planta, donde los granos alcanzan su madurez fisiológica y la planta se prepara para la cosecha. La

duración de la etapa fenológica de maduración del cultivo de maíz es de 68 días (Ron Peñafiel, 2021).

1.3.4 Requerimientos nutricionales

Según (Torres Duggan et al., 2013) los requerimientos nutricionales para producir una tonelada de grano de maíz es el siguiente:

Tabla 2

Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz (Zea mays L.)

Nutriente	Requerimiento kg/t
Nitrógeno	22
Fósforo	4
Potasio	19
Calcio	3
Magnesio	3
Hierro	125
Manganeso	189
Cobre	13
Zinc	53

1.3.5 Fertilizantes

1.3.5.1 Fertilizante químico

Los fertilizantes inorgánicos o químicos son sustancias naturales o sintéticas de origen inorgánico, es decir que no son de origen animal o vegetal. Los naturales se encuentran en yacimientos como el salitre (nitrato de sodio), la roca fosfórica y el cloruro de potasio. Los fertilizantes sintéticos son aquellos elaborados artificialmente y están compuestos principalmente por sales minerales de nitrógeno, fósforo y

potasio; cuando contienen uno solo de estos elementos se les conoce como simples y cuando contienen más de uno se les conoce como compuestos. Los simples se clasifican en nitrogenados, fosfatados y potásicos (Guzmán Flores, 2018).

1.3.5.1.1 Nitrogenados

Entre los nitrogenados se encuentran:

- Amoniacó anhidro
- Nitrato de amonio
- Sulfato de Amonio
- Urea

En su elaboración se utiliza principalmente el nitrógeno atmosférico, el cual mediante altas presiones y temperaturas se hace reaccionar con el hidrógeno para obtener amoniacó; el hidrógeno se obtiene por la combustión de gas natural. El amoniacó se puede utilizar como fertilizante y es la materia prima de la mayoría de los fertilizantes nitrogenados (Guzmán Flores, 2018).

1.3.5.1.2 Fosfatados

Entre los fosfatados se encuentran:

- Superfosfato (simple y triple)
- Fosfato diamónico
- Fosfato monoamónico

La roca fosfórica es la materia prima principal que se utiliza para fabricarlos en donde se realizan diversos procesos para conseguir los fertilizantes antes mencionados, la roca fosfórica también puede ser utilizada de forma directa como fertilizante; se obtiene de yacimientos naturales, tanto terrestres como marinos. El superfosfato simple se obtiene aplicando ácido sulfúrico a la roca fosfórica y el superfosfato triple resulta del tratamiento de la roca fosfórica con ácido fosfórico (Guzmán Flores, 2018).

1.3.5.1.3 Potásicos

Entre las potásicos tenemos:

- Cloruro de potasio
- Sulfato de potasio

Se elaboran a partir de sales potásicas obtenidas de yacimientos naturales de carnalita y silvinita, las que se someten a procesos de depuración y tratamiento químicos para obtener los fertilizantes en formas que sean fácilmente asimilables por las plantas (Guzmán Flores, 2018).

1.3.5.2 Fertilizante orgánico

Los abonos de origen orgánico son los que se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos y naturales (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.) que se utilizan en suelos agrícolas con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra, el abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos. Estos fertilizantes llegan a proporcionar nutrientes que son esenciales para las plantas la cual es más compatible con los principios de la agricultura sostenible y amigable con el medio ambiente (Mosquera, 2010).

1.3.5.2.1 Uso e influencia

El uso de abonos orgánicos, en cualquier tipo de cultivo, es cada vez más frecuente en nuestro medio por dos razones, el abono que se produce es de mayor calidad y costo es bajo, con relación a los fertilizantes químicos que se consiguen en el mercado. Existen dos tipos de abonos orgánicos: líquidos de uso directo y abonos sólidos que se deben ser disueltos en agua, mezclados con la tierra o pueden ser aplicados en forma directa. Los terrenos cultivados sufren la disminución de materia orgánica la cual disminuye la proporción de nutrientes, por tal motivo se debe proceder, permanentemente, a restituir los nutrientes perdidos (Mosquera, 2010).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar diferentes niveles de fertilización orgánica (estiércol animal) y fertilizante químico (10-30-10) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el tratamiento con mayor porcentaje de germinación.
- Evaluar la eficiencia de cada uno de los fertilizantes aplicados en el desarrollo vegetativo del cultivo.
- Establecer los niveles adecuados para los fertilizantes.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Metodología

2.1.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en la parroquia de Salasaca, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón San Pedro de Pelileo, con una altitud de 2520 a 2940 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son 78°45'68" longitud Occidental; y 1°10'58" latitud Sur. Presenta una temperatura de 12 a 18°C (PODT del GAD Parroquial de Salazaka, 2011).

2.1.2 Características del lugar

2.1.2.1 Clima

La mayor parte de la parroquia se encuentra en el rango de 14 - 16 grados centígrados, mientras que la precipitación en la parroquia se encuentra entre 250 - 500 mm mientras que en otros sectores encontramos precipitaciones de 500 - 700 mm (PODT del GAD Parroquial de Salazaka, 2011).

2.1.2.2 Suelo y agua

Entre los meses de octubre y noviembre, se presenta un crítico déficit hídrico y debido a que el riego generalmente es mediante inundación dificulta el ahorro del agua, circunstancia que se torna más grave si se tiene en cuenta que el suelo es arenoso.

La situación geográfica de la comunidad proporciona gran facilidad para la existencia de zonas de almacenamiento de agua, lo que originan micro-cuencas para

satisfacer la demanda de agua de la zona, tanto para el consumo humano como para el riego, el mismo que recurre al desvío de agua con las acequias del Pachanlica. Esta fuente inicia en los nevados Chimborazo y Carihuairazo y desemboca en el Río Ambato a 2240 m.s.n.m., la acequia Pachanlica abastece a 2 comunidades, mientras que el Canal Huachi-Pelileo que se origina en el río Ambato riega a 16 comunidades, el Canal Huachi-Pelileo se divide en 32 módulos de riego las cuales abastece a la zona alta de Salasaca, siendo el módulo #12 el que abastece el riego a la comuna de Vargaspamba (Tungurahua *et al.*, 2017).

2.2 Materiales

Materiales

- Cuaderno de registro
- Lápiz
- Laptop
- Cámara

Material de campo

- Estacas
- Piola
- Azadón
- Cinta métrica
- Etiquetas de identificación

Equipos

- Tractor
- Calculadora
- Calibrador

Insumos

- Semilla de maíz variedad “chazo”
- Desinfectante de semilla Pilarthixin (Thiamethoxam + Thiram + Carboxin)
- Fertilizante químico (10-30-10)
- Fertilizante orgánico (estiércol bovino)

2.3 Factores de estudio

Fertilización

F1 = Fertilizante químico (10 – 30 – 10)

F2 = Fertilizante orgánico (estiércol de ganado bovino)

Niveles

Niveles para el fertilizante químico

N1 = 300 kg/ha

N2 = 400 kg/ha

Niveles para el fertilizante orgánico

N1 = 10 t/ha

N2 = 20 t/ha

2.4 Tratamiento

Tabla 3

Esquema de la distribución para la aplicación de los tratamientos en el experimento.

N.º tratamiento	Grupo	Simbología	Descripción
1	1	F1N1	Fertilizante químico 300 kg/ha
2	1	F1N2	Fertilizante químico 400 kg/ha
3	2	F2N1	Fertilizante orgánico 10 t/ha
4	2	F2N2	Fertilizante orgánico 20 t/ha

2.5 Diseño experimental

Se utilizó el diseño de parcelas divididas siendo la parcela principal los fertilizantes y las sub-parcelas los niveles del fertilizante, estructuradas en bloques completos al azar con factorial 2 x 2 con tres repeticiones, con análisis jerárquico o anidado. Se aplicó la prueba de Tuckey al 5% para las variables que resulten significativas.

2.6 Características del ensayo

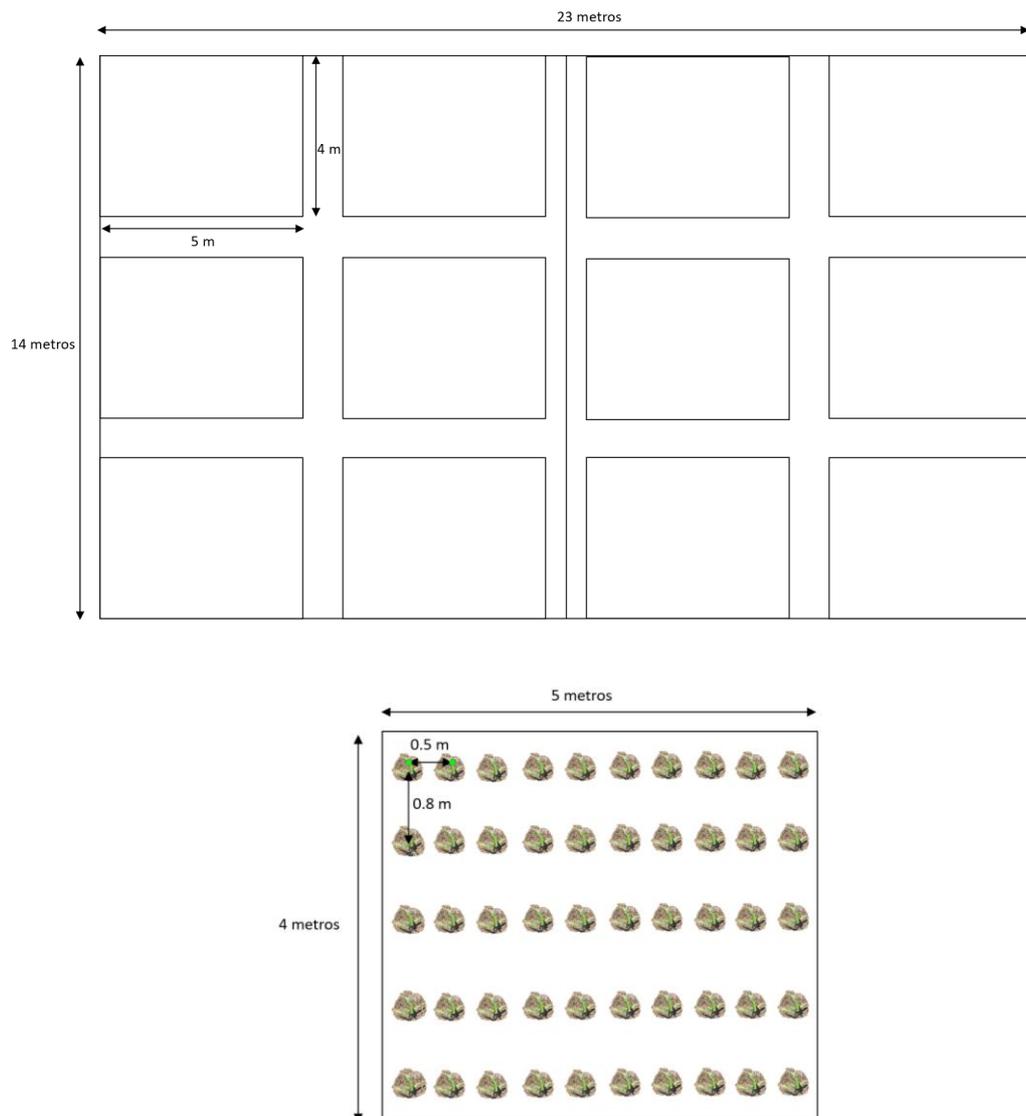
La unidad experimental se conformó de la siguiente manera:

Largo del terreno:	23 m
Ancho del terreno:	14 m
Área total del terreno:	322 m ²
Área total de estudio:	240 m ²
Área de cada bloque:	80 m ²
Distancia de caminos:	1 m
Distancia entre surcos:	0,8 m
Distancia entre plantas:	0,5 m
Área de cada parcela:	20 m ²
Numero de surcos por parcela:	5
Plantas por cada parcela:	50 plantas
Total de plantas:	600 plantas

2.7 Esquema de la unidad experimental

Figura 1

Distribución de las parcelas.



2.8 Diseño de parcela

Figura 2

Distribución de los tratamientos.

Tratamientos		
	N1	Fertilizante químico
	N2	
	N1	Fertilizante orgánico
	N2	

F. Químico

F. Orgánico

N1	N2	N1	N2
N2	N1	N2	N1
N1	N2	N1	N2

2.9 Manejo experimental

2.9.1 Análisis de suelo

Previo a la preparación del suelo, se realizó un análisis de suelo para conocer la disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo destinado al experimento. Para la toma de muestra se tomó varias sub-muestras a 20 cm de profundidad en forma de

zigzag.

El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de suelos, foliares y aguas de Agrocalidad, del cual los resultados se presentan en el **Anexo 1**.

2.9.2 Preparación del suelo:

Primeramente, se tomaron las dimensiones respectivas que se utilizaron para realizar el trabajo, luego se trabajó el terreno con ayuda de un tractor primero con una rastra para remover la tierra, después se utilizó la surcadora para realizar los surcos respectivos de 0,8 m de distancia entre surcos.

2.9.3 Distribución de los bloques:

Para la distribución de los bloques se utilizaron estacas, cinta métrica y piola para marcar los bloques, y posteriormente dividirlos en las parcelas correspondientes al proyecto.

2.9.4 Siembra:

Para la siembra se utiliza el maíz variedad chazo, para el cual la semilla se desinfectó con el producto químico Pilarthixin (Thiamethoxam + Thiram + Carboxin), para la siembra se utilizó solo una semilla por hoyo a una profundidad de 3 cm la distancia en la cual se colocaron las semillas fue de 0,5 m entre planta y 0,8 m entre surcos.

2.9.5 Fertilización:

La fertilización química se colocó por golpe al momento de la siembra, por cada bloque se incorporó para T1 600 gr y para T2 800 gr de 10-30-10; para T3 20 kg de estiércol bovino y para T4 40 kg de estiércol bovino.

2.9.6 Control de maleza:

Se realizó el control de maleza o deshierba, de manera manual cada 15 días evitando la presencia de maleza en los surcos de las plantas de maíz.

2.9.7 Riego:

El riego se realizó por el método gravitacional por surco, la frecuencia de riego dependió de la disponibilidad de agua en el canal Huachi-Pelileo, además de las condiciones climáticas que se presentaron.

2.10 Variables respuestas

- **Porcentaje de germinación**

Se contabilizó el número de plantas germinadas presentes en cada uno de los bloques de la parcela dividida, los datos se obtuvieron a los 10 días después de la siembra.

- **Altura de planta**

Se tomaron 10 plantas al azar de cada uno de los bloques de la parcela dividida, con ayuda de una cinta métrica se tomó el dato de la altura partiendo desde el tallo hasta la altura máxima de sus hojas de cada planta, los datos fueron tomados a los 60 días después de la siembra.

- **Número de hojas**

Se tomaron 10 plantas al azar de cada uno de los bloques de la parcela dividida, se contabilizó el número de hojas verdaderas presentes a los 60 días de su siembra.

- **Longitud radicular**

Se tomaron tres plantas de cada uno de los bloques de la parcela dividida, para tomar la medida de la longitud se procedió a sacar de manera cuidadosa para obtener el sistema radicular lo más completo posible, se midió la longitud mediante una cinta métrica, los datos fueron tomados a los 60 días después de la siembra.

- **Diámetro del tallo**

Se tomó el diámetro del tallo utilizando un calibrador Vernier, la cual se tomó la muestra de 10 plantas al azar de cada uno de los bloques, los datos fueron tomados a los 60 días después de la siembra.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Porcentaje de germinación

Los datos obtenidos en el (**Anexo 2**), fueron planteados en el análisis de varianza (**Tabla 3**), para la variable porcentaje de germinación a los 10 días se determinó que no existe significación estadística (en todas las fuentes de variación), y que su coeficiente de variación es de 8,84%.

Tabla 4

Análisis de varianza de la variedad de porcentaje de germinación a los 10 días.

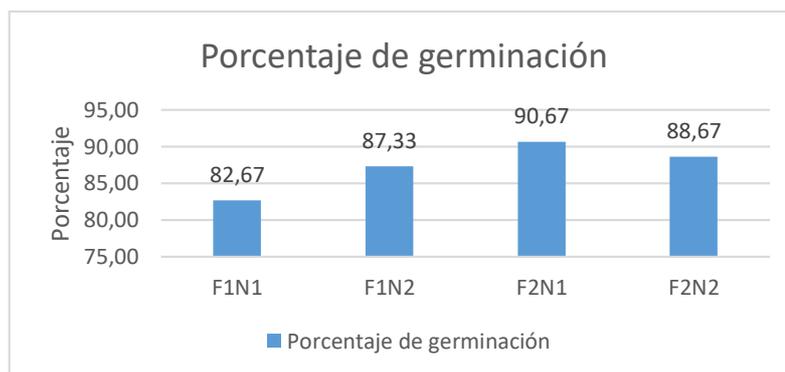
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Bloques	28,67	2	14,33	0,24	0,7937
Tratamientos	104,00	3	34,67	0,58	0,6488
Grupos	65,33	1	65,33	1,54	0,2435
Grupo 1 (Químico)	32,67	1	32,67	7,00	0,1181
Grupo 2 (Orgánico)	6,00	1	6,00	0,06	0,8277
Error	358,00	6	59,67		
Total	490,67	11			

Estadísticamente se observa que no existe diferencias significativas en la (**Figura 3**) con respecto al porcentaje de germinación. Sin embargo, numericamente, el tratamiento F2N1 (Fertilizante orgánico 10 t/ha) obtuvieron los mejores resultados con 90,67% de germinación, mientras que F1N1 (Fertilizante químico 300 kg/ha) con 82,67% fue el de menor promedio en los resultados. Mayagüez (n.d.) en su trabajo nos indicó que la germinación en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) se encuentra influenciado por los factores exterior e internos, en donde se realiza el

proceso de imbibición de la semilla, en el presente trabajo el porcentaje de germinación también fue influenciado por las condiciones de humedad de suelo.

Figura 3

Distribución de medias para la variable porcentaje de germinación a los 10 días.



3.1.2 Altura de la planta a los 60 días

Los datos obtenidos en el (Anexo 3), fueron planteados en el análisis de varianza (Tabla 4), para la variable altura de planta a los 60 días se determinó que existe significancia al 1% para tratamientos, grupos y grupo 1, con un coeficiente de variación de 1,09%.

Tabla 5

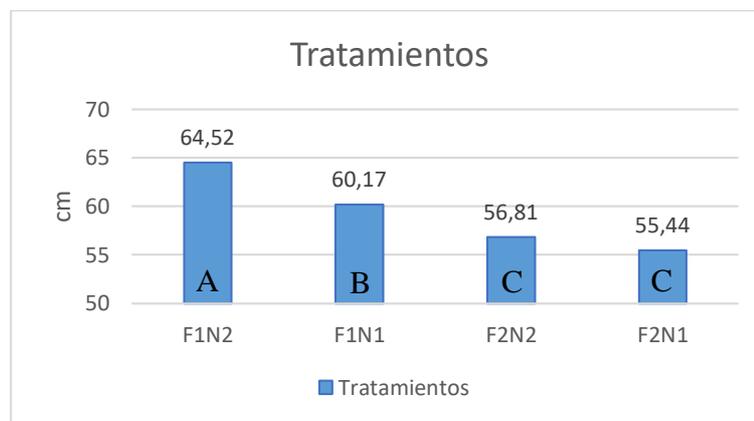
Análisis de varianza de la variable altura de la planta a los 60 días.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Bloques	3,30	2	1,65	3,92	0,0815
Tratamientos	147,40	3	49,13	116,84	<0,0001
Grupos	116,13	1	116,13	31,31	0,0002
Grupo 1 (Químico)	28,43	1	28,43	109,94	0,0005
Grupo 2 (Orgánico)	2,84	1	2,84	2,38	0,1981
Error	2,52	6	0,42		
Total	153,22	11			

En la prueba de Tuckey al 5% realizado para la variable altura de la planta a los 60 días (**Figura 4**) se determinó 3 rangos de significación, en el que el tratamiento F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/ha) ocupó el primer lugar con una media de 64,52 cm de altura de planta, mientras que F2N1 (Fertilizante orgánico 20 t/ha) es el que obtuvo los menores resultados con una media de 55,44 cm.

Figura 4

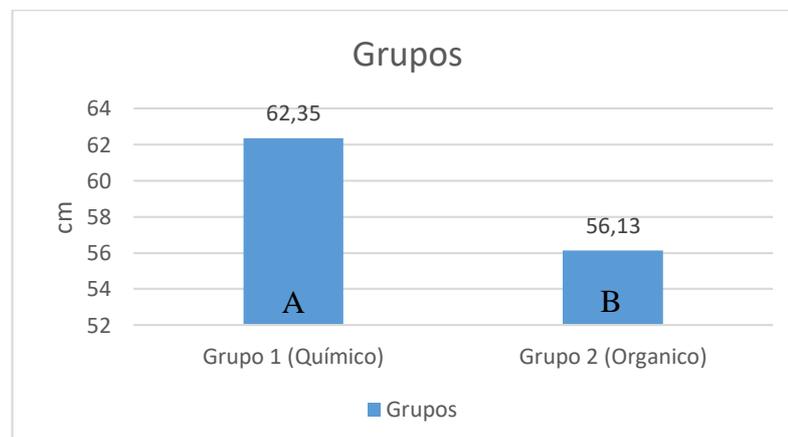
Distribución de medias de altura de la planta a los 60 días.



Comparando entre fertilizante químico y la aplicación de estiércol bovino (**Figura 5**) se determinó que el grupo 1 (Fertilizante químico) obtuvo una mayor altura de planta a los 60 días con una media de 62,35 cm.

Figura 5

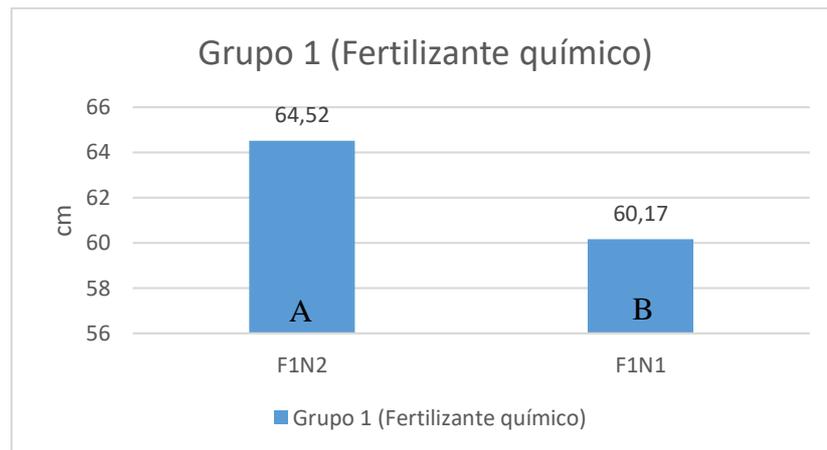
Distribución de medias de altura de la planta a los 60 días para grupos.



Para el grupo uno (Fertilizante químico) (**Figura 6**) F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/ha) es el mejor tratamiento con una media de 64,52 cm.

Figura 6

Distribución de medias de altura de la planta a los 60 días para el grupo 1.



Los resultados obtenidos demostraron que el fertilizante químico influyo en la altura de la planta de maíz, por ejemplo, Guevara Rodríguez (2010) en su trabajo manifestó que la mayor altura de la planta de maíz se la obtuvo del tratamiento químico (10-30-10), seguido del tratamiento de fertilizante orgánico, el crecimiento del maíz está influenciado al aporte nutricional del fertilizante químico empleado, lo que coincide con esta investigación, ya que los resultados demuestran diferencias significativa en el fertilizante químico entre la dosis F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/h) y F1N1 (Fertilizante químico 300 kg/ha), esto se debe a que el fertilizante 10-30-10 contiene un 10% de nitrógeno, un 30% de fosforo y un 10% de potasio, el nitrógeno ayuda en el crecimiento vegetativo, la formación de hojas y la síntesis de proteína, el fosforo al desarrollo de raíces fuertes y mientras que el potasio mejora la resistencia de la planta al estrés y enfermedades.

3.1.3 Número de hojas a los 60 días

Los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza (**Tabla 5**), para la variable número de hojas a los 60 días se determinó que existe significancia al 5% para el

grupo 1, con un coeficiente de variación de 9,17%.

Tabla 6

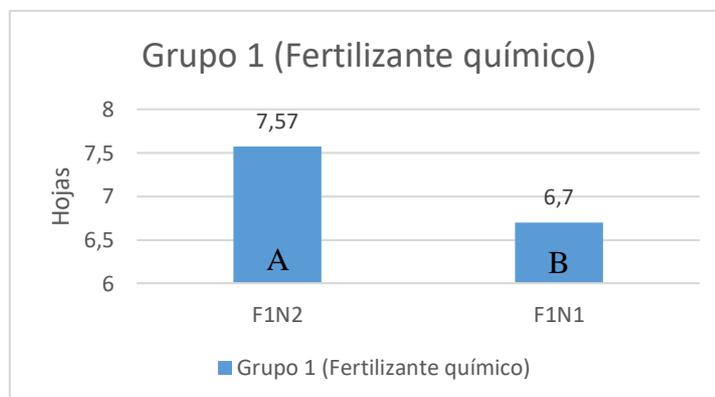
Análisis de varianza para la variable número de hojas de la planta a los 60 días.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Bloques	0,07	2	0,03	0,08	0,9240
Tratamientos	1,59	3	0,53	1,31	0,3560
Grupos	0,40	1	0,40	1,09	0,3202
Grupo 1 (Químico)	1,13	1	1,13	52,00	0,0187
Grupo 2 (Orgánico)	0,06	1	0,06	0,08	0,8020
Error	2,44	6	0,41		
Total	4,09	11			

Realizado la prueba de Tuckey al 5% en el número de hojas a los 60 días para el grupo 1 (Fertilizante químico) (**Figura 7**) se determinó que existe significación de tal manera que F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/ha) fue el mejor tratamiento con una media de 7,57 hojas, mientras que F1N1 (Fertilizante químico 300 kg/ha) fue el de menor rendimiento con una media de 6,70 hojas.

Figura 7

Distribución de medias el número de hojas a los 60 días para el grupo 1.



Los resultados obtenidos demostraron que no hubo una diferencia significativa entre el fertilizante químico y orgánico, sin embargo, entre las dos dosis del fertilizante químico si hubo una significancia, Zambrano y Caviedes (2022) en su investigación menciona que los principales nutrientes que necesita el cultivo de maíz son el N, P, K, Mg y S, en donde el maíz incrementa su absorción a los 30 días hasta aproximadamente los 100 días. Posiblemente, esto explica el mejor resultado obtenido con la aplicación del fertilizante químico (400 kg/ha) sobre el desarrollo y el número de hojas de la planta de maíz, así como también el desarrollo vegetativo del cultivo.

3.1.4 Longitud radicular a los 60 días

Los datos obtenidos en el (**Anexo 9**), fueron planteados en el análisis de varianza (**Tabla 6**), para la variable longitud radicular a los 60 días se determinó que existe significancia al 1% para grupo 2 y significancia al 5% para tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,48%.

Tabla 7

Análisis de varianza para la variable longitud radicular de la planta a los 60 días.

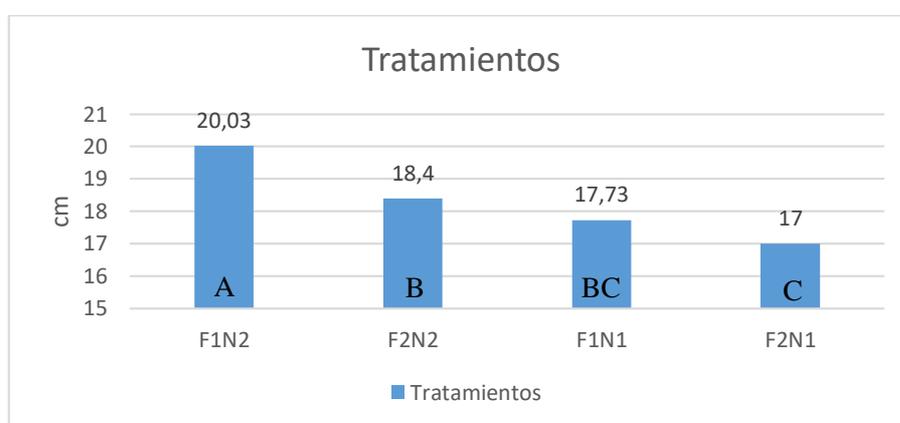
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Bloques	0,10	2	0,05	0,25	0,7882
Tratamientos	15,08	3	5,03	24,48	0,0009
Grupos	4,20	1	4,20	3,44	0,0933
Grupo 1 (Químico)	7,94	1	7,94	15,87	0,0576
Grupo 2 (Orgánico)	2,94	1	2,94	28,00	0,0339
Error	1,23	6	0,21		
Total	16,41	11			

En la prueba de Tuckey al 5% realizada para la variable longitud radicular a los 60

días (**Figura 8**) se determinó 3 rangos de significación, en el que el tratamiento F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/ha) ocupó el primer lugar con una media de 20,03 cm de longitud radicular, mientras que F2N1 (Fertilizante orgánico 10 t/ha) es el que obtuvo los menores resultados con una media de 17,00 cm.

Figura 8

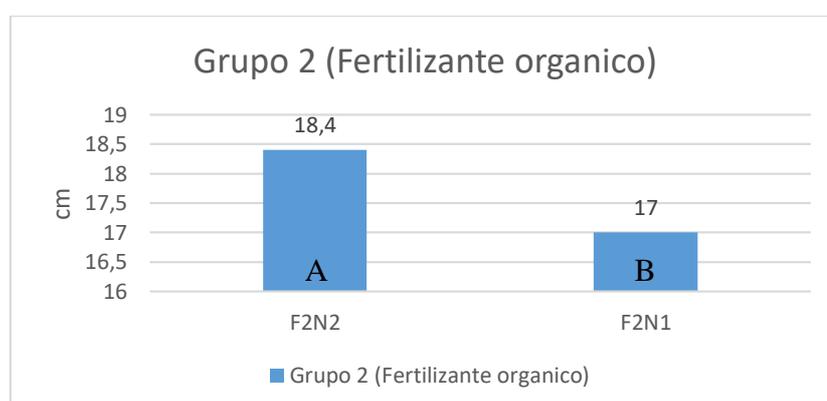
Distribución de medias para la variable longitud radicular a los 60 días para tratamientos.



Para el grupo dos (**Figura 9**) F2N2 (Fertilizante orgánico 20 t/ha) ocupó el primer rango con una media de 18,40 cm, mientras que F2N1 (Fertilizante orgánico 10 t/ha) el último rango con una media de 17,00 cm.

Figura 9

Distribución de medias para la variable longitud radicular a los 60 días para el grupo 2.



Los resultados obtenidos demostraron que el fertilizante químico con 400 kg/ha mostro una mayor longitud radicular con una media de 20,03 cm por otro lado el fertilizante orgánico con 10 t/ha mostro una media de 17,00 cm siendo el de menor rendimiento. Ron Peñafiel (2021) en su trabajo de investigación menciona que la longitud radicular tiene una media de 25,73 cm en la etapa inicial, lo cual no coincide con esta investigación ya que se presente medidas inferiores en los fertilizantes químicos y orgánicos.

3.1.5 Diámetro del tallo a los 60 días

Los datos obtenidos en el (**Anexo 12**), fueron planteados en el análisis de varianza (**Tabla 7**), para la variable diámetro del tallo a los 60 días se determinó que existe significancia al 1% para el grupo 2 y significancia al 5% para tratamientos, con un coeficiente de variación de 4,51%.

Tabla 8

Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días.

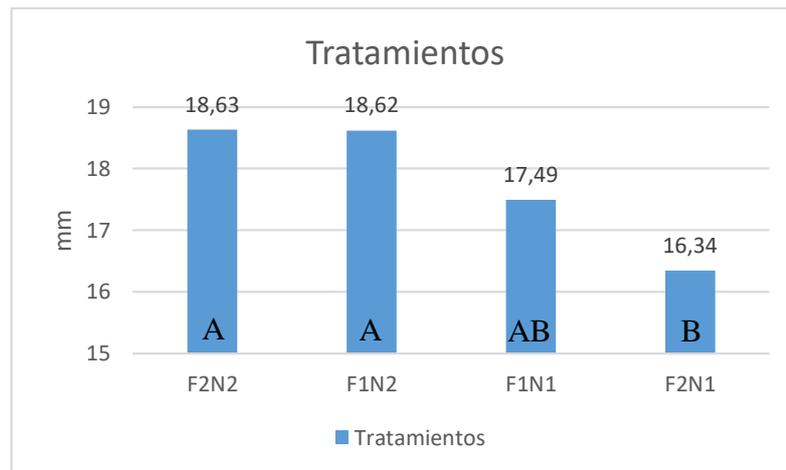
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	P-valor
Bloques	0,54	2	0,27	0,42	0,6730
Tratamientos	10,76	3	3,59	5,58	0,0360
Grupos	0,97	1	0,97	0,69	0,4264
Grupo 1 (Químico)	1,92	1	1,92	1,45	0,3514
Grupo 2 (Orgánico)	7,87	1	7,87	161,69	0,0061
Error	3,86	6	0,64		
Total	15,16	11			

En la prueba de Tuckey al 5% realizada para la variable diámetro del tallo a los 60 días (**Figura 10**) se determinó 2 rangos de significación, en el que el tratamiento

F2N2 (Fertilizante orgánico 20 t/ha) ocupó el primer lugar con una media de 18,63 mm de diámetro del tallo, mientras que F2N1 (Fertilizante orgánico 10 t/ha) es el que obtuvo los menores resultados con una media de 16,34 mm.

Figura 10

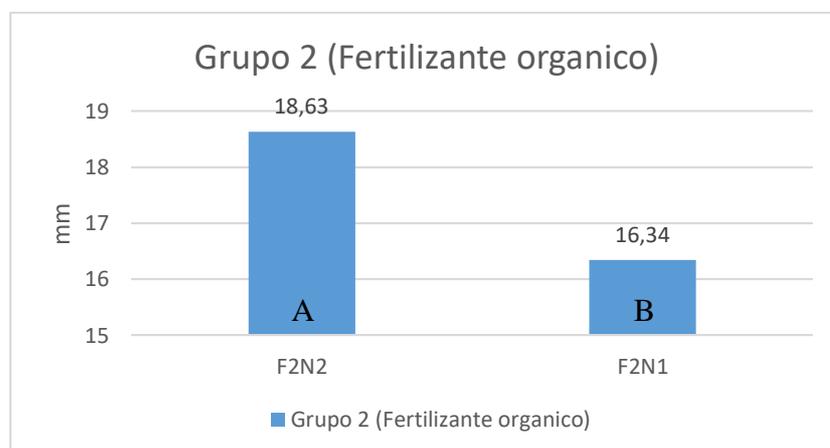
Distribución de medias diámetro del tallo de la planta a los 60 días.



Para el grupo dos (**Figura 11**) F2N2 (Fertilizante orgánico 20 t/ha) ocupó el primer rango con una media de 18,63 mm, mientras que F2N1 (Fertilizante orgánico 10 t/ha) el último rango con una media de 16,34 mm.

Figura 11

Distribución de medias para la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días.



Los resultados obtenidos demostraron que el fertilizante químico con 400 kg/ha mostro un mayor diámetro del tallo con una media de 18,63 mm, por otro lado, el de menor diámetro fue el fertilizante orgánico con 10 t/ha con una media de 16,34 mm. En el trabajo de investigación de Rodríguez et al (2016) el diámetro de tallo oscila entre los 17,00 a 20,00 mm en las etapas tempranas, lo que significa que los datos obtenidos con los dos fertilizantes se encuentran dentro del rango de sus resultados del diámetro del tallo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinó que para el porcentaje de germinación el tratamiento F2N1 (Fertilizante orgánico 10 t/ha) obtuvo los mejores resultados con 90,67% de germinación.
- En cuanto a la eficiencia de los fertilizantes aplicados en el desarrollo vegetativo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) tanto en las variables altura, números de hojas, longitud radicular y diámetro de tallo; el tratamiento F1N2 (Fertilizante químico 400 kg/ha) presento los mejores resultados.
- En cuanto a la fertilización química el mejor nivel fue la dosis alta de 400 kg/ha (F1N2). En cuanto a enmienda orgánica la aplicación de estiércol bovino con el nivel alto de 20 t/ha (F2N2).

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigaciones sobre el impacto ambiental que causa la utilización de los diferentes tipos de fertilizantes químicos.
- Se recomienda seguir experimentando con más tratamientos y niveles de los fertilizantes químicos y orgánicos, y la combinación de enmiendas orgánicas y fertilizantes químicos en diferentes situaciones o condiciones climáticas o de campo.
- Se recomienda realizar estudios fenológicos de diferentes variedades de maíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. (2009). Reseña el cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 30(2), 113–120.
- Arquímedes, G. (2013). *Fertilización en el cultivo de maíz blanco amiláceo contenido*. 14–18.
- Báez, O. J., & Marín, D. M. (2010). *Evaluación de una mezcla de abonos orgánicos versus fertilización sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.)*, *EL Plantel, Masaya, 2009*. 1–27.
- Blacio, M. (2020). Facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. *Universidad Técnica de Machala*, 1–34.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Boixadera, J., Villar, J. M., Lloveras, J., Aran, M., Villar, P., Domingo, F., Bosch, A., Teixidor, N., & Serra, J. (2005). La fertilización del maíz. *Dossier Tecnic*, 1, 7–9.
- Fortis Hernández, M., Leos Rodríguez, J. A., Preciado Rangel, P., Orona Castillo, I., García Salazar, J. A., García Hernández, J. L., & Orozco Vidal, J. A. (2009). Aplicación de Fertilizantes Orgánicos en la Producción de Maíz Forrajero con Riego por Goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329–336.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792009000400007&script=sci_arttext
- Gavilánez Luna, F. C., & Gómez Vargas, M. J. (2022). Definición de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio para una máxima producción del maíz híbrido Advanta 9313 mediante el diseño central compuesto. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 23(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2225
- Giannella, I. M. (2021). Facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. *Universidad Técnica de Machala*, 1–34.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- González, K., & Paz, Y. (2020). *Universidad Nacional Agraria Trabajo De Diploma*.
- Guevara Rodríguez, J. E. (2010). Evaluación de tres tipos de fertilizantes dos químicos y un orgánico en el cultivo de maíz (variedad ICA v305) en el sector de piedra blanca samaniego, Nariño-Colombia. *Universidad Nacional de Loja*.

- Guzmán Flores, J. (2018). Fertilizantes químicos y biofertilizantes en México. *Centro de Estudios Para El Desarrollo Rural Sustentable y La Soberanía Alimentaria. Boletines Cámara de Diputados*, 37.
- Mayagüez. (n.d.). *Lámina tomada del libro Introducción a la botánica*. 1–4.
- Medina Méndez, A. J., Alejo Santiago, G., Soto Rocha, J. M., & Hernández Pérez, M. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 21, 4306–4316.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1532>
- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. *Fonag*, 25. www.fonag.org.ec
- Obando, E. (2019). Caracterización Morfológica de Maíz Blanco Harinoso (*Zea mays* L.) material nativo “Chazo” de la provincia de Chimborazo. *Universidad Técnica De Ambato*, 74.
- Ortigoza, J., López, C., & Gonzalez, J. (2019). Guia tecnica del cultivo de maiz. In *Guia Tecnica, El Cultivo Del Maiz* (Vol. 1).
<http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Pita, J., & Perez, F. (2008). Germinación de semillas. *Hojas Divulgadoras*, 1, 1–20.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- PODT del GAD Parroquial de Salazaka. (2011). *PDOT, GAD Parroquial de Salasaka*. 47. [http://app.sni.gob.ec/sni-link://sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865014460001_PDyOT parroquia salasaka version uno_19-05-2015_23-03-12.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link://sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865014460001_PDyOT_parroquia_salasaka_version_uno_19-05-2015_23-03-12.pdf)
- Ron Peñafiel, I. X. (2021). Determinación del ciclo de cultivo de maíz (*Zea mays*) Var. Blanco Harinoso tipo Chazo. In *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34301/1/Tesis-298 Ingeniería Agronómica - Ron Peñafiel Irina Xiomara.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34301/1/Tesis-298%20Ingeniería%20Agronómica%20-%20Ron%20Peñafiel%20Irina%20Xiomara.pdf)
- Tomalá, W. (2023). Rendimiento del maíz (*Zea mays*) híbrido Trueno NB7443 bajo tres distancias de siembra en la comuna Loma Alta, Santa Elena. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*, 23.
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4666/1/UPSE-TAE-2019-0016.pdf>
- Torres Duggan, J. A., Berasategui, L., Well, M. ., Ongaro, A., Taquini, L. A., & Lamelas, M. (2013). Criterios para el manejo de la fertilización en el cultivo de

- trigo. *AGROMERCADO. Cuadernillo de Trigo*, 32, 6–10.
- Tungurahua, P., El, E. N., Christian, T., & Fernández, Q. (2017). *en Turismo Histórico Cultural*.
- Velásquez, J., Zambrano, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortíz, R., León, J., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M., & Sanmartín G. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*.
- Zambrano, J. L., & Caviades, M. (2022). Estado actual de la producción de maíz en Ecuador. *Memorias de La XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz*, 23.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5886>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo.

 AGROCALIDAD <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small>	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	Rev. 5	
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09.003

Informe N°: LN-SFA-E23-3796
Fecha emisión Informe: 31/10/2023

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Anderson Xavier Pilla Guamán
 Dirección¹: Salasaca
 Provincia¹: Tungurahua Cantón¹: Pelileo

Teléfono¹: 0991846351
 Correo Electrónico¹: anderson_pilla01@outlook.com
 N° Orden de Trabajo: 18-2023-123
 N° Factura/Documento: 008-001-4171

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Maíz			
Provincia ¹ : Tungurahua	Coordenadas ¹ :	X: ----	
Cantón ¹ : Pelileo		Y: ----	
Parroquia ¹ : Salasaca		Altitud: ----	
Muestreado por ¹ : Anderson Pilla			
Fecha de muestreo ¹ : 16-10-2023		Fecha de inicio de análisis: 18-10-2023	
Fecha de recepción de la muestra: 18-10-2023		Fecha de finalización de análisis: 31-10-2023	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-23-4028	Suelo 1	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	6,97
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,10
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,05
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	35,2
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,84
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	6,81
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	2,29
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	59,6
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,57
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,69
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	<1,60

Analizado por: Paola Morocho, Katty Pastás, Cristina Culchán, Paulina Llive

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 2. Porcentaje de germinación a los 10 días.

Fertilizantes	Niveles	Repeticiones			Total	Promedio
		I	II	II		
F1	N1	82	88	78	248	82,67
F1	N2	84	96	82	262	87,33
F2	N1	86	96	90	272	90,67
F2	N2	94	78	94	266	88,67

Anexo 3. Altura de la planta a los 60 días (cm).

Fertilizante	Niveles	Repeticiones			Total	Media
		I	II	III		
F1	N1	59,96	60,47	60,08	180,51	60,17
F1	N2	63,76	64,81	65	193,57	64,52
F2	N1	54,8	55,69	55,82	166,31	55,44
F2	N2	55,72	56,27	58,45	170,44	56,81

Anexo 4. Prueba de Tuckey al 5% de la variable altura de la planta a los 60 días para tratamientos.

Tratamientos	Medias (cm)	Rango
F1N2	64,52	A
F1N1	60,17	B
F2N2	56,81	C
F2N1	55,44	C

Anexo 5. Prueba de Tuckey al 5% de la variable altura de la planta a los 60 días para grupos.

Grupos	Medias (cm)	Rango
1	62,35	A
2	56,13	B

Anexo 6. Prueba de Tuckey al 5% de la variable altura de la planta a los 60 días para el grupo 1.

Grupo 1 (Fertilizante químico)	Medias (cm)	Rango
F1N2	64,52	A
F1N1	60,17	B

Anexo 7. Número de hojas de la planta a los 60 días.

Fertilizante	Niveles	Repeticiones			Total	Media
		I	II	III		
F1	N1	6,4	7	6,7	20,1	6,70
F1	N2	7,2	7,7	7,8	22,7	7,57
F2	N1	7,9	5,9	6,8	20,6	6,87
F2	N2	6,4	6,8	6,8	20	6,67

Anexo 8. Prueba de Tuckey al 5% de la variable número de hojas a los 60 días para el grupo 1.

Grupo 1 (Fertilizante químico)	Medias (hojas)	Rango
F1N2	7,57	A
F1N1	6,70	B

Anexo 9. Longitud radicular de la planta a los 60 días (cm).

Fertilizante	Niveles	Repeticiones			Total	Media
		I	II	III		
F1	N1	17,3	18,1	17,8	53,2	17,73
F1	N2	20,6	19,4	20,1	60,1	20,03
F2	N1	17,1	16,7	17,2	51	17,00
F2	N2	18,6	18,5	18,1	55,2	18,40

Anexo 10. Prueba de Tuckey al 5% de la variable longitud radicular a los 60 días para tratamientos.

Tratamientos	Medias (cm)	Rango
F1N2	20,03	A
F2N2	18,40	B
F1N1	17,73	BC
F2N1	17,00	C

Anexo 11. Prueba de Tuckey al 5% de la variable longitud radicular a los 60 días para el grupo 2.

Grupo 2 (Fertilizante orgánico)	Medias (cm)	Rango
F2N2	18,40	A
F2N1	17,00	B

Anexo 12. Diámetro del tallo a los 60 días (mm).

Fertilizante	Niveles	Repeticiones			Total	Media
		I	II	III		
F1	N1	18,11	17,88	16,47	52,46	17,49
F1	N2	17,86	18,6	19,39	55,85	18,62
F2	N1	16,9	15,67	16,44	49,01	16,34
F2	N2	19,38	18,13	18,37	55,88	18,63

Anexo 13. Prueba de Tuckey al 5% de la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días para tratamientos.

Tratamientos	Medias (mm)	Rango
F2N2	18,63	A
F1N2	18,62	A
F1N1	17,49	AB
F2N1	16,34	B

Anexo 14. Prueba de Tuckey al 5% de la variable diámetro del tallo de la planta a los 60 días.

Grupo 2 (Fertilizante orgánico)	Medias (mm)	Rango
F2N2	18,63	A
F2N1	6,34	B

Anexo 15. Preparación del terreno.





Anexo 16. Elaboración de los bloques y las parcelas.



Anexo 17. Siembra



Anexo 18. Riego del cultivo.





Anexo 19. Limpia de malezas.



Anexo 20. Toma de datos de altura de la planta.



Anexo 21. Toma de datos de numero de hojas.



Anexo 22. Toma de datos de longitud radicular.





Anexo 23. Toma de datos de diámetro de tallo.



