

Efecto de la aplicación de una enmienda a base de óxidos y silicatos sobre variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la empresa Agroinsumos

Manantial, ubicada en Granada, Meta

Lindy Tatiana Murillo Hernández

**Trabajo de grado modalidad Práctica Empresarial como requisito para optar al título de
Ingeniero Agrónomo**

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Programa de Ingeniería Agronómica

Pamplona

Noviembre, 2021

Efecto de la aplicación de una enmienda a base de óxidos y silicatos sobre variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la empresa Agroinsumos

Manantial, ubicada en Granada, Meta

Lindy Tatiana Murillo Hernández

C.C. 1120379290

Proyecto de trabajo de grado modalidad Práctica Empresarial como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Ing. Agr. Esp. Rodrigo Hernando Yepes Orjuela

Director

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Programa de Ingeniería Agronómica

Pamplona

Noviembre, 2021

Tabla de contenido

Resumen.....	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Problema.....	13
Descripción del problema.....	13
Formulación del problema.....	15
Justificación.....	15
Objetivos.....	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos.....	17
Marco teórico.....	17
Antecedentes.....	17
Marco contextual.....	19
Ubicación geográfica.....	19
Empresa Agroinsumos Manantial.....	20
Bases conceptuales.....	20
Descripción botánica y morfológica del maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	20
La acidez de los suelos.....	22
Enmiendas del suelo.....	23

Marco Legal	24
Ley 811 de 2003.....	24
Ley 1731 de 2014.....	24
Reglamento Estudiantil Académico (Acuerdo No.186 del 02 de diciembre de 2005).	24
Artículo 35. Definición de trabajo de grado.	25
Artículo 36.	25
Metodología	27
Tipo de investigación.....	27
Diseño Metodológico.....	27
Actividades	27
Etapa 1. Análisis del estado actual de las condiciones del suelo del cultivo ubicado en la finca El ají según los tratamientos utilizados sobre estos para la producción de maíz (<i>Zea Mays L.</i>) con acompañamiento técnico de la empresa Agroinsumos Manantial, ubicada en Granada, Meta.....	27
Etapa 2. Aplicación de 2 dosis diferentes de la misma enmienda elaborada a base de óxidos y silicatos sobre el cultivo de maíz en estudio.	28
Etapa 3.	30
Etapa 4. Análisis de los parámetros evaluados en el cultivo.	30
Procesamiento de la información.....	32
Análisis estadístico.....	32
Resultados y discusión.....	32

Análisis del estado actual de las condiciones del suelo del cultivo ubicado en la finca El ají según los tratamientos utilizados sobre estos para la producción de maíz (Zea Mays L.) con acompañamiento técnico de la empresa Agroinsumos Manantial, ubicada en Granada, Meta	32
Determinación del efecto de la enmienda sobre las variables del suelo para la producción de maíz (Zea Mays L.).....	33
Análisis de los parámetros evaluados en el cultivo	36
Análisis de variables vegetativas	36
Análisis de variables productivas.....	45
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Referencias.....	50
Anexos	53

Lista de tablas

Tabla 1: Variables del suelo.....	28
Tabla 2: Parámetros de rendimiento del cultivo.	30
Tabla 3: Resultado de laboratorio de análisis físico y químico de suelo pre- aplicación de enmienda.....	33
Tabla 4: Efecto de la enmienda sobre las variables del suelo en los tres tratamientos.	33
Tabla 5: Análisis estadístico de las variables vegetativas.....	45
Tabla 6: Datos obtenidos de cada medición realizada sobre las variables vegetativas	63
Tabla 7: Promedio de las 4 repeticiones por cada tratamiento	71
Tabla 8: Datos obtenidos sobre la medición única de variables productivas.	72
Tabla 9: Promedio de las 4 repeticiones por cada tratamiento	74

Lista de figuras

Figura 1: Mapa geográfico del municipio de Granada, Meta.....	19
Figura 2: Ubicación de tratamientos en la parcela	29
Figura 3: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#1 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa temprana V1	37
Figura 4: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#2 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa intermedia V3.....	38
Figura 5: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#3 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa intermedia V7.....	39
Figura 6: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#4 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa tardía V10.....	40
Figura 7: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#5 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa tardía V13.....	41
Figura 8: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#6 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa de transición V18.....	42
Figura 9: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#7 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa de aparición de los estigmas VT.....	43
Figura 10: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#8 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa de blíster R2.....	44
Figura 11: Grafico de barras correspondiente al promedio de los valores obtenidos en las 4 repeticiones de cada tratamiento en la fase reproductiva de la etapa de grano postoso R4.....	46
Figura 12: Aplicación de la enmienda antes de la siembra	53
Figura 13: Mezcla física de la enmienda aplicada.....	54

Figura 14: Tratamiento uno diferenciado por su rotulo.....	55
Figura 15: Tratamiento dos diferenciado por su rotulo	56
Figura 16: Tratamiento tres del manejo agricultor	56
Figura 17: Evidencia sobre toma de datos.....	58
Figura 18: Medición de la altura de la planta como variable vegetativa	59
Figura 19: Medición del ancho de la hoja	60
Figura 20: Medición del largo de la hoja.....	61
Figura 21: Proceso de pesaje de la mazorca en verde.	62
Figura 22: Proceso de medición de variables productivas.	63

Lista de anexos

Anexo 1. Evidencias sobre la aplicación de enmienda en el cultivo de maíz en estudio	53
Anexo 2. Crecimiento y forma de diferenciación de los tres tratamientos aplicados.....	55
Anexo 3. Información detallada del contenido de mezcla de la enmienda aplicada	57
Anexo 4. Toma de datos referentes a la altura de la planta	58
Anexo 5. Evidencia sobre la toma de datos respecto al área foliar de la planta.....	60
Anexo 6. Evidencias sobre las mediciones de variables productivas.....	62
Anexo 7. Datos obtenidos de cada medición realizada sobre las variables vegetativas del cultivo de maíz en estudio.....	63
Anexo 8. Promedio de los datos obtenidos por cada tratamiento y en cada fecha de medición	71
Anexo 9. Mediciones de variables productivas	72
Anexo 10. Promedio de las 4 repeticiones por cada tratamiento.....	74
Anexo 11. Ficha técnica de manejo agricultor	76

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de una enmienda a base de óxidos y silicatos elaborada en la empresa Agroinsumos Manantial, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en una hectárea productora ubicada en la finca El ají, perteneciente al corregimiento de Aguas claras en el municipio de Granada, Meta, para lo cual se aplicó un diseño metodológico experimental, de tipo descriptivo que consistió en bloques al azar, sobre el cual se implementó la enmienda elaborada por la Empresa a base de óxidos y silicatos en dos dosis diferentes y el manejo agricultor tradicional sin aplicación de enmienda, obteniéndose de esta forma un total de 3 tratamientos evaluados, dos conformados por dos dosis y otro por el manejo agricultor, cada uno con 4 repeticiones. De ello, se obtuvieron resultados que reflejan que el tratamiento 2, el cual se encontraba conformado por la enmienda aplicada a una dosis de 1.500 kg / ha de cultivo, demostró tener mayor eficacia sobre el rendimiento y producción del cultivo, lo que se vio representado por la valoración de análisis físico y químico del suelo, junto con las variables vegetativas y productivas del cultivo en estudio.

Palabras clave: Enmienda; Acidez; Rendimiento, Tratamiento.

Abstract

The present research aims to evaluate the effect of an amendment based on oxides and silicates made in the company Agroinsumos Manantial, on the growth and yield of the corn crop (*Zea mays* L.) in a producing hectare located in the El ají farm. , belonging to the town of Aguas Clara in the municipality of Granada, Meta, for which an experimental methodological design was applied, of a descriptive type that consisted of random blocks, on which the amendment prepared by the Company based on oxides was implemented. and silicates in two different doses and the traditional agricultural management without application of amendment, thus obtaining a total of 3 evaluated treatments, two consisting of two doses and the other for the agricultural management, each with 4 repetitions. From this, results were obtained that reflect that treatment 2, which was made up of the amendment applied at a dose of 1,500 kg / ha of crop, proved to have greater efficiency on the yield and production of the crop, which was represented by the evaluation of physical and chemical analysis of the soil, together with the vegetative and productive variables of the crop under study.

Keywords: Amendment; Acidity; Performance, Treatment.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L) es el único cereal que puede ser utilizado como alimento ya sea para personas o animales, en cualquier etapa del desarrollo de la planta o producción. Es un cultivo de importancia económica a nivel mundial, debido a su utilidad como alimento para humanos y ganado, este cultivo es fuente de un gran número de productos industriales (Guamán et al., 2020).

Ahora bien, el maíz originario de América, es un cereal importante en la dieta del pueblo colombiano por las calorías y proteínas que le suministra y porque además es materia prima de la industria de transformación de aceites y carbohidratos para el consumo humano y animal (Amarís, 2017)

Ahora bien, el suelo es un componente fundamental en los sistemas de producción para la nutrición y el soporte de las plantas, convirtiéndose en el elemento esencial para la producción agropecuaria. La pérdida en la calidad del suelo puede conducir a una degradación permanente de la productividad de la tierra, asociado a cambios en el uso y las prácticas de manejo de suelo, que afectan su estructura y movilidad o disponibilidad de nutrientes (Santos et al., 2020).

Por su parte, el maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas, si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas. En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua (Flores, 2020).

La situación del manejo inadecuado de los recursos en los sistemas productivos de maíz, estimula el desarrollo de nuevas estrategias orientadas al mejoramiento de la calidad, fertilidad y

la salud del suelo junto a su entorno. Entre ellas, el uso de enmiendas para solventar las limitaciones presentadas en el crecimiento y desarrollo del cultivo como el problema de tipo antropogénico que afecta principalmente la calidad del suelo (alcalinidad, salinidad). (Sánchez et al., 2021)

Por ello, la presente investigación busca establecer una enmienda a base de óxidos y silicatos para el mejoramiento del suelo cultivable utilizado para la producción del maíz en la empresa de Agroinsumos Manantial ubicada en Granada, Meta, teniendo en cuenta la importancia de estos compuestos para dicho fin y buscando el mejoramiento en la producción del producto mencionado.

Problema

Descripción del problema

El maíz, en general, crece bien en suelos con pH entre 5, y 7,8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Cuando el pH es inferior a 5,5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio; con un pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos), tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc. Los síntomas en el campo, de un pH inadecuado, en general se asemejan a los problemas de micro nutrientes (Flores, 2020).

El maíz es uno de los cultivos de gran importancia económica en Colombia, aportando un 3% al PIB agropecuario y el 4% de empleos agrícolas en el país. En el 2017, la cantidad de hectáreas sembrada fue de 500.000 entre maíz blanco y maíz amarillo; en el cual el departamento

del Meta participó con 28.071 ha con rendimientos de 6,2 toneladas por hectárea- (Holguín, 2020)

Según el informe de FENALCE (2020) para el año 2020, dentro del departamento del Meta se produjeron alrededor de 14.805 ha de maíz blanco y amarillo, principalmente a cargo de pequeños productores.

Uno de los factores por los cuales su producción o área cultivada ha disminuido puede deberse a la calidad de los suelos, teniendo en cuenta que el crecimiento demográfico y necesidad de producir alimento, en las últimas décadas, ha conllevado a la tecnificación de los sistemas de producción agrícolas y pecuarios, introduciendo grandes volúmenes fertilizantes y uso de maquinaria (laboreo), de forma indiscriminada, conllevando al deterioro de la calidad y la salud del suelo, lo que ha repercutido en problemas de compactación, disponibilidad de nutrientes y poca o nula actividad de la fauna edáfica, necesaria para la producción de productos alimenticios como el maíz (Jiménes, 2017).

Además, las aplicaciones de enmiendas y/o encalada son importantes en este tipo de producción, ya que consisten en la aplicación masiva de las sales básicas con el objetivo de neutralizar la acidez del suelo causada por hidrógeno y aluminio. Los productos que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de la acidez del suelo son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una capacidad de neutralización variable, permitiendo la recuperación del pH de los suelos de cultivo y, por ende, un aumento en el rendimiento de su producción (Medina, 2017).

Por ello, el presente proyecto de investigación busca evaluar una enmienda a base de óxidos y silicatos para el mejoramiento del suelo cultivable utilizado para la producción del maíz en la empresa de Agroinsumos Manantial ubicada en Granada, Meta, con el propósito principal de aumentar la producción de este producto agrícola en el municipio.

Formulación del problema

¿Cuál sería la eficacia de una enmienda a base de óxidos y silicatos para el mejoramiento del suelo cultivable utilizado para la producción del maíz en la empresa de Agroinsumos Manantial ubicada en Granada, Meta?

Justificación

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo con altas demandas nutricionales de los elementos del suelo, ya que utiliza importantes cantidades de elementos como el nitrógeno (N), seguido del potasio (K) y el fósforo (P). Para ello, algunas alternativas utilizadas consisten en la adición de fertilizantes sin criterios técnicos, pero esto puede contribuir con la salinización de los suelos, y expone uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la agricultura mundial. Por lo cual es necesario proponer planes de manejo integrado para solucionar estos problemas de degradación de suelos, que favorezcan la optimización de los beneficios de todas las fuentes posibles de nutrimentos (Sánchez et al., 2021).

Dentro de estos planes existe el uso de enmiendas sobre suelos cultivables, ya que contribuye en corregir la acidez de los suelos neutralizando los ácidos producidos y elevando el pH; algunos proporcionan calcio (Ca) y magnesio (Mg), elementos esenciales para el crecimiento de las plantas; reduce la actividad de las sustancias tóxicas del suelo como el aluminio (Al) y el manganeso (Mn) aumentando la disponibilidad del fósforo (P), del nitrógeno

(N) y del azufre (S); acelera la descomposición de la materia orgánica (MO) y la liberación de nutrientes (Tello, 2018).

La importancia de un estudio que permita la evaluación del funcionamiento de una enmienda a base de óxidos y silicatos para el mejoramiento del suelo cultivable utilizado para la producción de maíz en la población de pequeños productores del municipio de Granada, Meta, se da en el aumento de la producción de hectáreas cultivadas y rendimiento de maíz para estos, teniendo en cuenta que es la base económica y el sustento de diversas familias y desarrollo económico de la región. Por ello, la presente investigación centró su estudio sobre el efecto de dicha enmienda, elaborada en la empresa Agroinsumos Manantial, dedicada a la producción de maíz en la región geográfica mencionada, sobre determinadas variables físicas y químicas del suelo y del cultivo bajo un acompañamiento técnico que permitió la evaluación de este tipo de enmienda con el fin de favorecer los suelos y, por ende, las cantidades de producción.

La enmienda que se aplicó en el cultivo de maíz es para el mejoramiento químico del suelo, que implica modificaciones del pH, disminución de saturación de elementos nocivos, o tóxicos como: el aluminio, hierro, manganeso, y aumento de la saturación de elementos benéficos como: calcio, magnesio, azufre y silicio. Todo ello con el fin de mejorar la condición química del suelo para mayor receptividad de los elementos nutrientes que se utilizan en fertilización por parte de la planta, y así tener mejor desarrollo del cultivo.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de una enmienda a base de óxidos y silicatos elaborada en la empresa Agroinsumos Manantial, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

en una hectárea productora ubicada en la finca El ají, perteneciente al corregimiento de Aguas claras en el municipio de Granada, Meta.

Objetivos específicos

1. Determinar la eficacia del efecto de la aplicación de dos dosis diferentes de enmienda a base de óxidos y silicatos sobre variables físicas y químicas del suelo cultivable de maíz en una hectárea productora ubicada en la finca El ají, perteneciente al corregimiento de Aguas claras en el municipio de Granada, Meta.

2. Analizar las variables vegetativas y productivas del cultivo de maíz luego de la aplicación de dos dosis diferentes de una enmienda a base de óxidos y silicatos en una hectárea productora ubicada en la finca El ají, perteneciente al corregimiento de Aguas claras en el municipio de Granada, Meta.

Marco teórico

Antecedentes

Para soportar el presente proyecto de investigación se tuvo en cuenta una primera investigación titulada “Una evaluación de las propiedades fisicoquímicas de suelo en sistema productivo de maíz - algodón y arroz en el Valle del Sinú en Colombia” realizada por Santos et al., (2020) cuyo objetivo fue evaluar las características fisicoquímicas de los suelos, bajo los sistemas productivos de maíz - algodón y arroz e identificar las principales limitantes de suelo, que afectan el desarrollo y la productividad de los cultivos, en la subregión Valle del Sinú. Para lo anterior, se realizaron muestreos de suelo en 64 sitios, distribuidos en cinco municipios del Valle del Sinú, evaluando propiedades físicas y químicas del suelo. El suelo en estudio pertenece al orden Inceptisol, moderadamente profundo, compuesto por arcillas expansivas y horizonte

argílico. Los contenidos de P, S, Ca, Mg y K fueron altos. La densidad aparente mostró valores promedios restrictivos para el desarrollo de raíces en cuatro de los cinco municipios, y finalmente, los resultados obtenidos evidencian indicios de procesos de degradación de suelo, relacionados con el manejo de los suelos.

Otra investigación que se tuvo en cuenta fue titulada “Efecto de la aplicación de enmiendas de origen mineral en el pH del suelo en plantaciones de maíz, distrito de Pólvora – Tocache – San Martín” realizada por Medina (2017) cuyo objetivo general fue determinar la enmienda agrícola con mejores resultados en el pH y disponibilidad de nutrientes del suelo para incrementar la productividad del cultivo de maíz en la provincia de Tocache, región San Martín, cuyos indicadores evaluados fueron el nivel de pH del suelo, análisis fisicoquímico del suelo, parámetros de producción y análisis económico; concluyendo con una aplicación de Magnecal (T3) de 95,83 kg (Medina, 2017)

Así mismo, se tuvo en cuenta una tesis de investigación titulada “Aplicación de diferentes metodologías en el uso de enmiendas para la recuperación de suelos degradados en la localidad de Río Espino – Monzón” realizada por Patricia Tello Reátegui para la Universidad Agraria de la Selva en el año 2018, cuyos objetivos fueron diagnosticar la influencia en la recuperación de suelos degradados en las propiedades físicas, químicas y biológicas, evaluar el incremento de la capacidad productiva de los suelos y relacionar las características físicas, químicas y biológicas con la capacidad productiva de los suelos degradados. Para dar solución a dichos objetivos se instaló en un suelo franco arcilloso, con reacción ácida; materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio en un nivel bajo; saturación de bases en un 100 %. Las observaciones registradas fueron: Parámetros físicos, químicos y biológicos. Los resultados indicaron que la recuperación de suelos degradados es la lograda por la técnica IV, lográndose incrementar Materia Orgánica y

la Capacidad de Intercambio Catiónico en todos sus tratamientos, por lo que se concluyó que a menor cantidad de arcilla existe mayor capacidad productiva del suelo y a mayor concentración de materia orgánica existe mayor capacidad productiva; por lo tanto quien tiene mayor influencia en la capacidad productiva es la materia orgánica, seguido de la actividad microbiana (Tello, 2018)

Marco contextual

Ubicación geográfica

La presente investigación fue realizada en el municipio de Granada, Meta, cuyo mapa geográfico se encuentra descrito en la figura 1.

Figura 1: Mapa geográfico del municipio de Granada, Meta.



Fuente. Imagen tomada de Ávila, (2013).

Empresa Agroinsumos Manantial

La empresa Agroinsumos Manantial Sas Zomac se encuentra ubicada en la localidad de Granada, en el departamento de Meta. El domicilio social de esta empresa es calle 17 15 24 barrio primero de junio, Granada, Meta.

La forma jurídica de Agroinsumos Manantial Sas Zomac es sociedad por acciones simplificada y su principal actividad es comercio al por mayor de productos químicos básicos cauchos y plásticos en formas primarias y productos químicos de uso agropecuario.

Bases conceptuales

Descripción botánica y morfológica del maíz (*Zea mays* L.)

Clasificación taxonómica.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta Cronquist*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Poales* Small 1903

Familia: *Poaceae Barnhart*

Género: *Zea Linnaeus, 1753*

La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte (60-80 cm de altura), frondosa, con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. Las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta formarán una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas y que servirán como reserva. Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares estando cada

espiguilla con dos flores postiladas, una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas. Las hojas que se desprenden de los nodos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada.

Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina. La parte superior de la planta está compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen (Inflorescencia masculina en panícula dominante). La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y las anteras pudiendo ser verdosa o amarillenta. A lo largo del eje central las espiguillas se distribuyen de forma polística estando protegidas por dos glumas (superior e inferior). El lema del flósculo estéril es ovada, membranosa, sin nervios, mientras que el flósculo fértil es orbicular, sinquilla. Ambas inflorescencias presentan espiguillas apareadas (Carril, 2015).

El sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52 % de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción de la planta, mientras que el sistema nodular es el 48% de la masa total de raíces de la planta. La función de las raíces de anclaje es mantener la planta erecta para así evitar su caída. En cuanto a su sistema caulinar, cuando tienen tres hojas sobre la superficie son ya visibles las plántulas, pero sus puntos de crecimiento aún están bajo tierra. El tallo formado presenta varias estructuras básicas denominada fitómero: meristemo apical, profilo, hojas e internudos. El tallo es simple, erecto, pudiendo alcanzar alturas entre 2 y 6 metros de altura, con numerosos nudos y entrenudos. Las panojas son las estructuras donde se desarrolla el grano en un número variable de hileras (12 a 16) produciendo de 300 a 1000 granos; en total, el grano constituye alrededor del 42% del peso seco de la planta. Hay distintos tipos de grano según los compuestos químicos que contenga (Kato et al., 2009)

La acidez de los suelos

El análisis de suelos es una de las herramientas más útiles para el diagnóstico de la fertilidad de los suelos. En el caso de la acidez, mediante este procedimiento es posible detectar su presencia y a su vez generar una recomendación para solventar adecuadamente el problema. La acidez o aluminio intercambiable se determina mediante la extracción del suelo con una sal neutra no tamponada, tal como el KCl 1N, y la titulación del extracto con una base. Esta fracción constituye el aluminio e hidrogeno intercambiable y el de la solución del suelo que pueden perjudicar el crecimiento de las plantas. La mayor parte de la acidez en los suelos tropicales (excluyendo los suelos orgánicos) proviene del aluminio, por lo que generalmente se habla de acidez intercambiables (Al; H) y aluminio intercambiable como si fuera sinónimos (Molina, 1998).

La saturación de acidez es una medida del porcentaje del complejo de intercambio catiónico que está ocupado por aluminio e hidrógeno. El valor del porcentaje de saturación de aluminio o acidez intercambiables es el mejor criterio para diagnosticar problemas de acidez. Cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta. Sin embargo, en términos generales se puede indicar que casi ningún cultivo puede soportar más de 60% de saturación de acidez, y el valor deseable para la mayoría de las plantas oscila entre 10 y 25 %. El pH del suelo está directamente relacionado con el porcentaje de saturación de acidez, ya que el aluminio intercambiable precipita entre pH 5,5 y 6,0. Cuando el pH es menor de 5,5 el aluminio se solubiliza, y por lo tanto, resulta más abundante y tóxico para las plantas (Medina, 2017)

Enmiendas del suelo

Enmiendas. Son productos naturales a base de Calcio y Magnesio que se utilizan para corregir la acidez del suelo y neutralizar los efectos tóxicos causados por altas concentraciones de aluminio, hierro y manganeso en los suelos ácidos. Así mismo, se usan para suministrar Calcio y Magnesio cuyas deficiencias son muy comunes en dichos suelos. Por sus altos contenidos de calcio también se les denomina CALES. Las enmiendas también pueden ser utilizadas para corregir los suelos alcalinos, es decir, aquellos que tienen pHs muy altos. (generalmente pH mayor de 8), caracterizados por sus altas concentraciones de sales. En estos casos se usa el sulfato de calcio (CaSO_4) que por su reacción ácida en el suelo actúa como corrector de la alcalinidad (Medina, 2017)

Origen de los suelos ácidos. Las principales causas que originan suelos ácidos según (Medina, 2017) son:

- Aplicación continua de fertilizantes que dejan residuos ácidos. Ejemplo: los fertilizantes nitrogenados conocidos en el mercado como urea, sulfato de amonio (SAM) y Nitrato de amonio, contienen o transforman su nitrógeno a la forma amoniacal (NH_4) que, al oxidarse en el suelo, se nitrifica (NO_3), liberando hidrógeno (H), el cual acidifica el suelo.
- Durante el proceso de descomposición de la materia orgánica se liberan ácidos en el suelo, disminuyendo el pH.
- El lavado continuo del suelo como consecuencia del uso excesivo de la maquinaria y del agua de riego o en zonas con altas y frecuentes lluvias. Este proceso se conoce como lixiviación del suelo. Algunas reacciones de intercambios de cationes que ocurren en la interfaz raíz suelo generan acidez.

Marco Legal

Previo a la normativa de la Universidad de Pamplona existen leyes que respaldan este proyecto de investigación, como lo son:

Ley 811 de 2003

Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de agricultura de Colombia , 2021)

Ley 1731 de 2014

Por medio de la cual se adoptan medidas en materia de financiamiento para la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, y se dictan otras disposiciones relacionadas con el fortalecimiento de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) (Ministerio de agricultura de Colombia , 2021)

Ahora bien, el proyecto se regirá por la normatividad establecida por la Universidad de Pamplona la cual reglamenta las modalidades de trabajo de grado, en este caso se toma en cuenta las normas para práctica empresarial.

Reglamento Estudiantil Académico (Acuerdo No.186 del 02 de diciembre de 2005).

Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado.

Artículo 35. Definición de trabajo de grado.

En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”.

Acuerdo No.081 del 17 de agosto de 2007 *Parágrafo Segundo*. “El Trabajo de Grado se podrá matricular a partir del 8º semestre, dependiendo de la modalidad, hasta con máximo dos (2) asignaturas. El Trabajo de Grado debe sustentarse ante un Jurado, compuesto por tres (3) personas conocedoras del tema y puede recibir como calificación: “Aprobado”, “Excelente” o “Incompleto”, cuando no cumpla con los objetivos propuestos en la modalidad en la cual se adelanta, en tal caso, el estudiante deberá matricularlo nuevamente en el semestre académico siguiente”.

Acuerdo No.056 del 25 de junio de 2007 *Parágrafo Tercero*. La Calificación del Trabajo de Grado, tendrá la siguiente equivalencia: Excelente (4.5) Aprobado (4.0) Incompleto

Cuando la NO inclusión del Trabajo de Grado no sea responsabilidad del estudiante, éste contará con un plazo hasta de dos (2) períodos académicos adicionales para su terminación y la calificación será ingresada al sistema en el momento en que sea evaluado.

Artículo 36.

Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en las siguientes modalidades:

Práctica Empresarial. Comprende el ejercicio de una labor profesional del estudiante en una empresa, durante un período de tiempo. Cuando el estudiante seleccione esta modalidad, deberá presentar al director de Departamento el anteproyecto, que debe contener: nombre de la empresa, descripción de las características de la empresa, objetivos de la práctica, tipo de

práctica a desarrollar, tutor responsable de la práctica en la empresa, cronograma de la práctica, presupuesto (si los hubiere) y copia del convenio interinstitucional Universidad – Empresa o carta de aceptación de la empresa.

Parágrafo Primero. Un estudiante matriculado en Trabajo de Grado sólo desarrolla una de las modalidades y podrá escogerla dentro de la oferta que el Departamento respectivo disponga.

Metodología

Tipo de investigación

La meta de la presente investigación no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables, por lo cual se trata de una investigación experimental de tipo descriptiva. (Morales, 2012)

Diseño Metodológico

La presente investigación responde a un diseño metodológico experimental, de tipo descriptivo, en el cual el investigador realiza una investigación exploratoria con el objetivo principal de analizar la eficacia de una enmienda a base de óxidos y silicatos como estrategia del mejoramiento de las condiciones del suelo para la producción de maíz (*Zea Mays L.*) en la empresa Agroinsumos Manantial, ubicada en Granada, Meta (Mora y Gómez, 2018)

Actividades

Etapa 1. Análisis del estado actual de las condiciones del suelo del cultivo ubicado en la finca El ají según los tratamientos utilizados sobre estos para la producción de maíz (*Zea Mays L.*) con acompañamiento técnico de la empresa Agroinsumos Manantial, ubicada en Granada, Meta

Inicialmente se evaluó el suelo cultivable de maíz con el fin de obtener un diagnóstico inicial acerca de las variables físicas y químicas de éste en una hectárea productora, ubicada en la finca El ají, en el corregimiento de Aguas claras del municipio de Granada, Meta.

Tabla 1: Variables del suelo.

Variables del suelo	
Variables físicas	Variables químicas
<ul style="list-style-type: none">• Textura	<ul style="list-style-type: none">• pH• Saturación de aluminio• Saturación de calcio• Saturación de magnesio• Saturación de potasio• Saturación de fosforo

Fuente. Elaboración propia.

De esta forma, las variables químicas y físicas se midieron por medio del análisis laboratorista llevado a cabo por el laboratorio de suelos TERRALLANOS.

Etapla 2. Aplicación de 2 dosis diferentes de la misma enmienda elaborada a base de óxidos y silicatos sobre el cultivo de maíz en estudio.

En primer lugar, se debe tener en cuenta que el diseño experimental consistió en bloques al azar, sobre el cual se implementó la enmienda elaborada por la Empresa Agroinsumos Manantial a base de óxidos y silicatos en dos dosis diferentes y el manejo agricultor tradicional sin aplicación de enmienda, obteniéndose de esta forma un total de 3 tratamientos evaluados, dos conformados por dos dosis y otro por el manejo agricultor, cada uno con 4 repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales, como se muestra en la figura 2.

Figura 2: Ubicación de tratamientos en la parcela

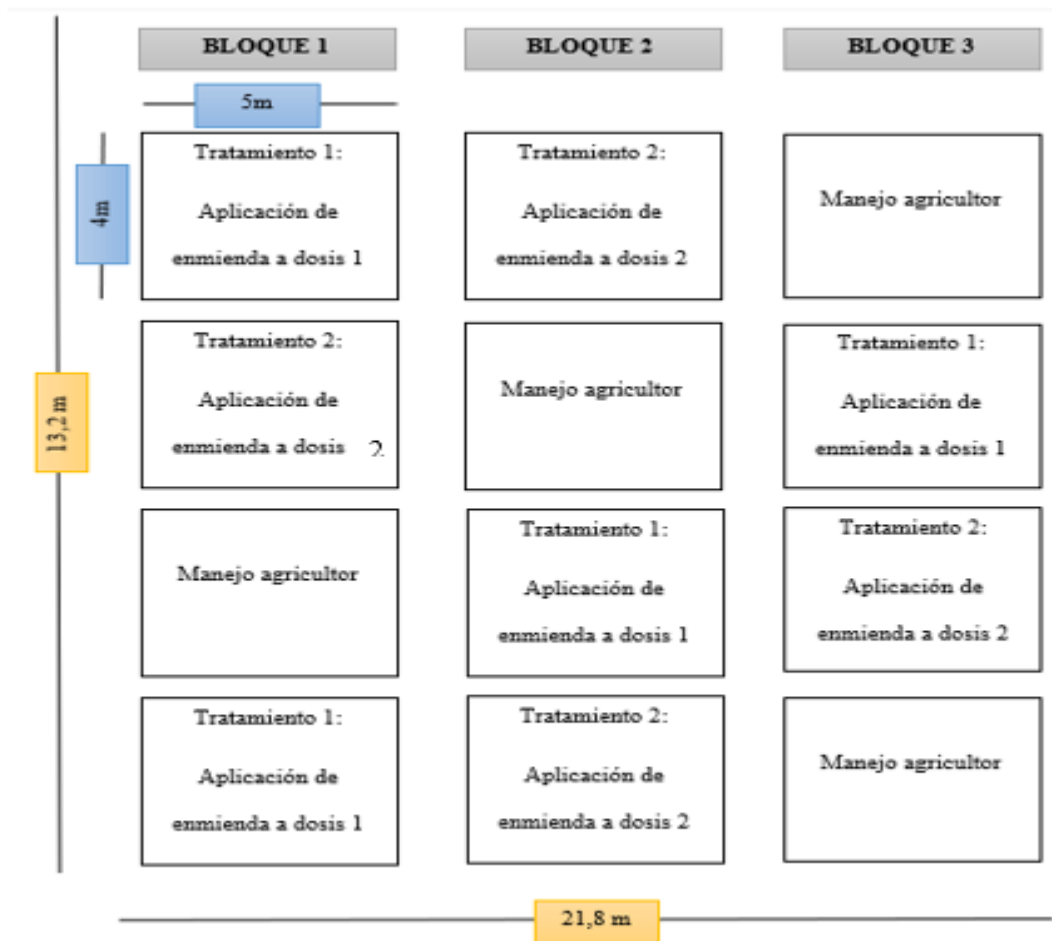


Figura. Elaboración propia.

La dosificación fue elegida de acuerdo con el resultado de análisis de suelo, teniendo en cuenta que la dosis por hectárea para el tratamiento uno es de 1 Ton/Ha y para el segundo tratamiento es de 1,5 Ton/Ha, es decir, 1.500 Kg por cada Ha en estudio.

En el anexo 1 de este documento se enseñan evidencias sobre la aplicación de enmienda durante la práctica empresarial del investigador del presente proyecto

De igual forma, se muestra en el anexo 2 el crecimiento y forma de diferenciación de los tres tratamientos descritos anteriormente, siendo cada uno reconocido por un letrero realizado por el investigador para dicho fin.

La enmienda utilizada contiene óxidos, silicatos y adicionalmente va a contener sulfato de calcio, porque según las condiciones de suelo en los llanos son altos en aluminio, hierro, o en generalmente de ambos, por lo cual es importante la mezcla adicional de sulfato de calcio que actúe de manera contundente para minimizar estos elementos tóxicos. La información detallada del contenido de mezcla se encuentra en el anexo 3 del presente documento.

Etapa 3. Determinación del efecto de la enmienda sobre las variables del suelo para la producción de maíz (*Zea Mays* L.)

Luego de la aplicación de la enmienda, se procedió a realizar nuevamente un análisis de suelo con el fin de evaluar el funcionamiento de las dos dosis diferentes de la enmienda, en comparación con el tratamiento control efectuado por el manejo tradicional del agricultor sin aplicación de enmienda.

Etapa 4. Análisis de los parámetros evaluados en el cultivo.

Se evaluaron los parámetros del cultivo, compuestos por variables vegetativas y productivas, como se indica en la tabla 2. De esta forma se determinó cual es el tratamiento más eficaz para la producción y el rendimiento del maíz en la finca El ají, ubicada en el corregimiento de Aguas claras del municipio de Granada, Meta.

Tabla 2: Parámetros de rendimiento del cultivo.

Parámetros evaluados en el cultivo

VARIABLES VEGETATIVAS	VARIABLES PRODUCTIVAS
<ul style="list-style-type: none"> • Altura de la planta • Largo de la hoja • Ancho de la hoja • Área foliar 	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud de la mazorca • Número de hileras por mazorca • Número de granos por hilera • Número de granos por mazorca • Peso de la mazorca en verde

Fuente. Elaboración propia.

Medición de las variables vegetativas

Para medir la Altura de planta (cm) se tomaron dos plantas seleccionadas al azar dentro del área productora en estudio midiéndose desde la base del suelo hasta el último nudo del tallo muy cerca de la hoja. En el anexo 4 de este documento se presentan evidencias acerca del procedimiento de toma de datos correspondientes a la altura de la planta para el presente proyecto.

Para medir el Área foliar se tomaron de igual forma dos plantas al azar por cada tratamiento dentro del área productora, de cual se muestra evidencia en el anexo 5 del presente documento.

Medición de variables productivas

Para medir la longitud de la mazorca (cm) se midió desde la base del pedúnculo hasta su ápice en quince mazorcas seleccionadas al azar con una cinta métrica.

Para medir el número de hileras por mazorca se contó el número de hileras contenido en quince mazorcas tomadas al azar, iniciando el conteo a partir del centro de la mazorca.

Para medir el número de granos por hilera se contó en una hilera de cada mazorca tomada al azar.

Y, por último, para medir el número de granos por mazorca se anotó el número de granos de cada una de las quince mazorcas seleccionadas.

De lo anterior se enseñan evidencias en el anexo 6 del presente documento.

Procesamiento de la información

La información obtenida fue procesada por medio de tabulación de Excel, teniendo en cuenta que fueron tomados diferentes datos en cuanto a las variables vegetativas y productivas de la plantación de maíz en estudio, de lo cual se realizó una comparación entre los tres tratamientos, con el fin de identificar el de mayor eficacia para ambas variables.

Análisis estadístico

Para el caso del estudio comparativo entre los tres tratamientos en estudio, se procedió a la realización de gráficos de barras que contribuyeron al análisis de cada dato para identificar el tratamiento con mayor eficacia, en cuanto a los resultados que se obtengan en variables vegetativas y productivas del cultivo de maíz estudiado.

Resultados y discusión

Análisis del estado actual de las condiciones del suelo del cultivo ubicado en la finca El ají según los tratamientos utilizados sobre estos para la producción de maíz (*Zea Mays L.*) con acompañamiento técnico de la empresa Agroinsumos Manantial, ubicada en Granada,

Meta

Este análisis corresponde a una muestra compuesta de todo el lote donde fueron montados los tres tratamientos del presente proyecto.

Tabla 3: Resultado de laboratorio de análisis físico y químico de suelo pre- aplicación de enmienda

Textura	Ph	C %	M. O. %	C/N %	N %	P ppm	Al meq/100g	RELACION DE CATIONES			
								Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
FAr	4,5	1,33	2,30	11,08	0,12	15,6	3,4	2,83	10,00	3,53	13,53
	Ext. ácido				0,10 - 0,20	15,00 - 40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00
					N	N	A	B	B	B	B

PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAI	STB
Resultado Análisis	13,5	2,54	1,70	0,60	0,17	0,07	12,59	4,44	1,26	0,52	57,24	18,81
Rango Adecaudo			3,00 - 10,00	1,50 - 3,00	0,20 - 0,40	0,10 - 1,00	50,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25-50	35,00 - 50,00
Calificación			B	B	B	B	B	B	B	B	A	B

PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES – Partes por Millón (ppm)					
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
Resultado Análisis	3,80	187,50	53,75	1,20	0,40	14,59
Rango Adecaudo	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00
Calificación	A	A	A	B	N	N

Fuente. Información obtenida del laboratorio de suelos TERRALLANOS

En el estudio inicial se observa un pH de 4,5, una textura Far – Franco arcillosa y los porcentajes de saturación de calcio, magnesio, potasio, sodio y boro se encuentran en niveles bajos, mientras que el porcentaje de Aluminio en niveles altos.

Determinación del efecto de la enmienda sobre las variables del suelo para la producción de maíz (*Zea Mays L.*)

A continuación, se muestra en la tabla 4 los resultados comparativos de las variables físicas y químicas del suelo obtenidos a partir del análisis de laboratorio llevado a cabo por el laboratorio TERRALLANOS de cada tratamiento como se encuentra en el anexo 7 del presente documento.

Tabla 4: Efecto de la enmienda sobre las variables del suelo en los tres tratamientos.

Variables	Análisis pre-aplicación de	Análisis del tratamiento 1	Análisis del tratamiento 2	Análisis del tratamiento 3
-----------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

	enmienda			
Textura	fAR	F	F	F
pH	4,5	4,6	4,7	4,9
%SCa	12,59%	18,57%	18,82%	25,33%
%SMg	4,44%	5,71%	4,71%	8,67%
%SK	1,26%	1,07%	0,82%	1,13%
%SNa	0,52%	0,21%	0,12%	0,13%
%SAI	57,24%	30,89%	22,39%	7,03%
%SB	18,81%	25,57%	24,47%	35,027%

Fuente. Elaboración propia. Información obtenida del análisis de suelo llevado a cabo por el laboratorio TERRALLANOS.

Según los análisis de laboratorio observados anteriormente, el tratamiento 2, con dosis 2 de aplicación de enmienda refleja un pH de 4,7 y las saturaciones de los elementos en estudio se encuentran en niveles bajos, mientras que el tratamiento 3 correspondiente al manejo usual del agricultor mantiene un pH de 4,9 y los niveles de saturación bajas, aunque la saturación del boro se encuentra dentro de los límites normales.

Estos resultados indican que el pH del suelo en ambos casos se mantiene por debajo de los límites adecuados, siendo estos entre 5,5 y 7,8, valores en los cuales el maíz crece de forma correcta. Cuando el pH es inferior a 5,5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio. Sin embargo, el aluminio en ambos análisis se mantiene en niveles bajos, lo que infiere un nivel de toxicidad bajo por este elemento químico.

En este sentido, juega un papel de suma importancia la interpretación del aluminio intercambiable, ya que esta variable es mucho más importante por su efecto tóxico sobre el cultivo en estudio. Por esa razón, vale la pena recalcar que el aluminio intercambiable en el suelo antes de la aplicación de la enmienda está en niveles tóxicos, teniendo en cuenta que sobrepasan

el límite establecido por el laboratorio de análisis correspondiente a valores entre 25 – 50 % en cuanto a la saturación de este elemento dentro del cultivo. Mientras que en los tratamientos sobre los cuales se aplica la enmienda, siendo estos el tratamiento 1 y 2, se observa una disminución significativa del porcentaje de saturación de aluminio, siendo más marcada en el tratamiento 2. Por su parte, en el tratamiento 3, correspondiente al manejo agricultor tradicional sin aplicación de enmienda se presenta el mayor grado de disminución de porcentaje de saturación de aluminio en el cultivo.

Lo anterior puede deberse a la falta de aplicación de Kieserita antes de la enmienda en el caso del tratamiento 1 y 2, este es un sulfato de magnesio altamente soluble que puede arrastrar el aluminio, disminuyendo sus niveles de forma importante en los suelos. En cambio, en el tratamiento 3, correspondiente al manejo del agricultor, si se implementó este sulfato, por lo cual se logran en este caso niveles adecuados de saturación de aluminio en el suelo cultivable de maíz.

Por otra parte, otros dos elementos preocupantes en el suelo cultivable de maíz son el hierro y el manganeso, los cuales están en niveles tóxicos, pero igualmente en el tratamiento 3 estos dos elementos disminuyeron más su disponibilidad con respecto a los otros tratamientos, debido a la aplicación de la kieserita como se describe en el párrafo anterior.

Pese a esto, teniendo en cuenta que la evaluación se realiza respecto al tratamiento 1 y 2, correspondientes a la aplicación de enmienda, se infiere que el mejor tratamiento fue el 2, debido a que la diferencia del comportamiento del porcentaje de Aluminio es más favorable en este tratamiento, lo cual se refleja por su marcada disminución, correspondiente a 34,85% respecto al

análisis realizado previo a la aplicación, en comparación con el 26,35% disminuidos en el caso del tratamiento 1.

Ahora bien, el incremento del pH no se ve tan marcado, pero esto puede deberse al poco tiempo que se esperó para realizar los análisis de suelo, ya que lograr los niveles de pH adecuados es un proceso que requiere de más tiempo en el suelo cultivable de maíz en estudio.

Análisis de los parámetros evaluados en el cultivo

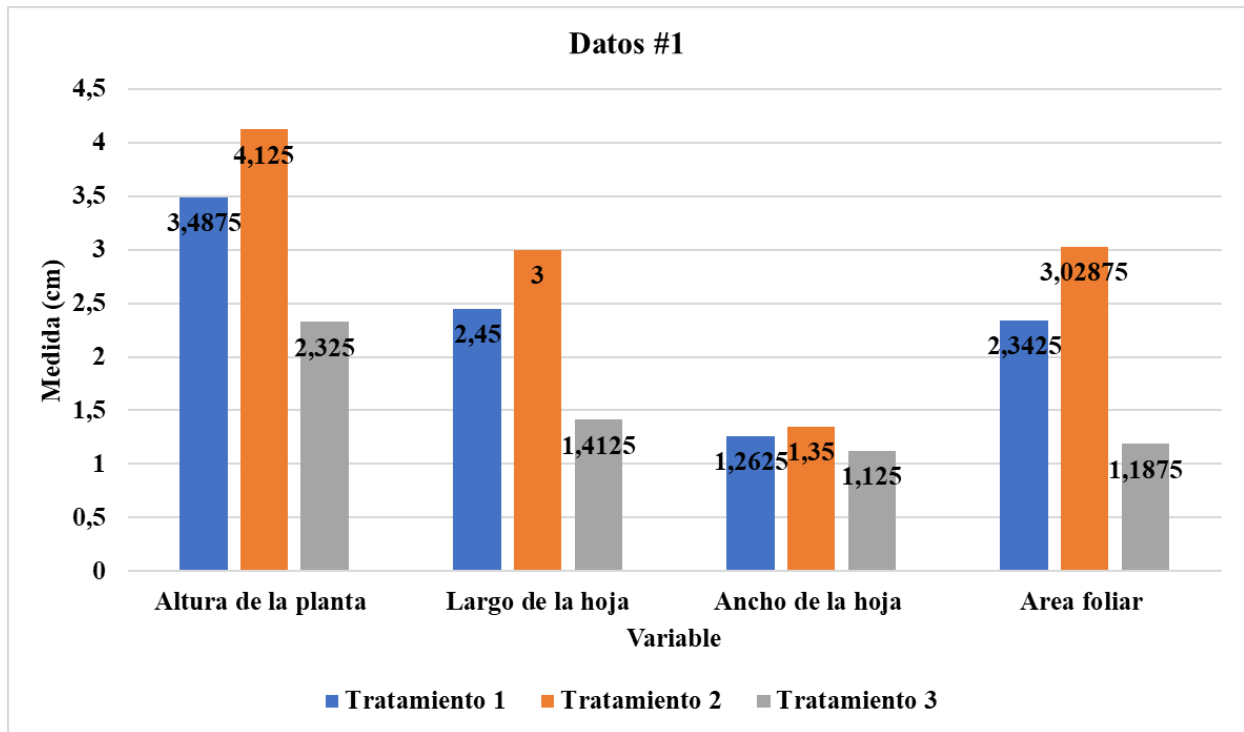
Análisis de variables vegetativas

Para el análisis de resultados se obtuvieron los promedios de las cuatro repeticiones por cada tratamiento evaluado, como se muestra en el anexo 8 y 9 del presente documento, con lo cual se obtuvieron los siguientes datos.

Cabe recalcar, que el promedio se realizó de cada variable vegetativa por cada dato correspondiente a las fechas en que se tomaron las diferentes medidas de forma semanal y para cada tratamiento. La variable datos corresponde a las 8 fechas diferentes en las que se tomaron los datos sobre la respectiva etapa fenológica del cultivo.

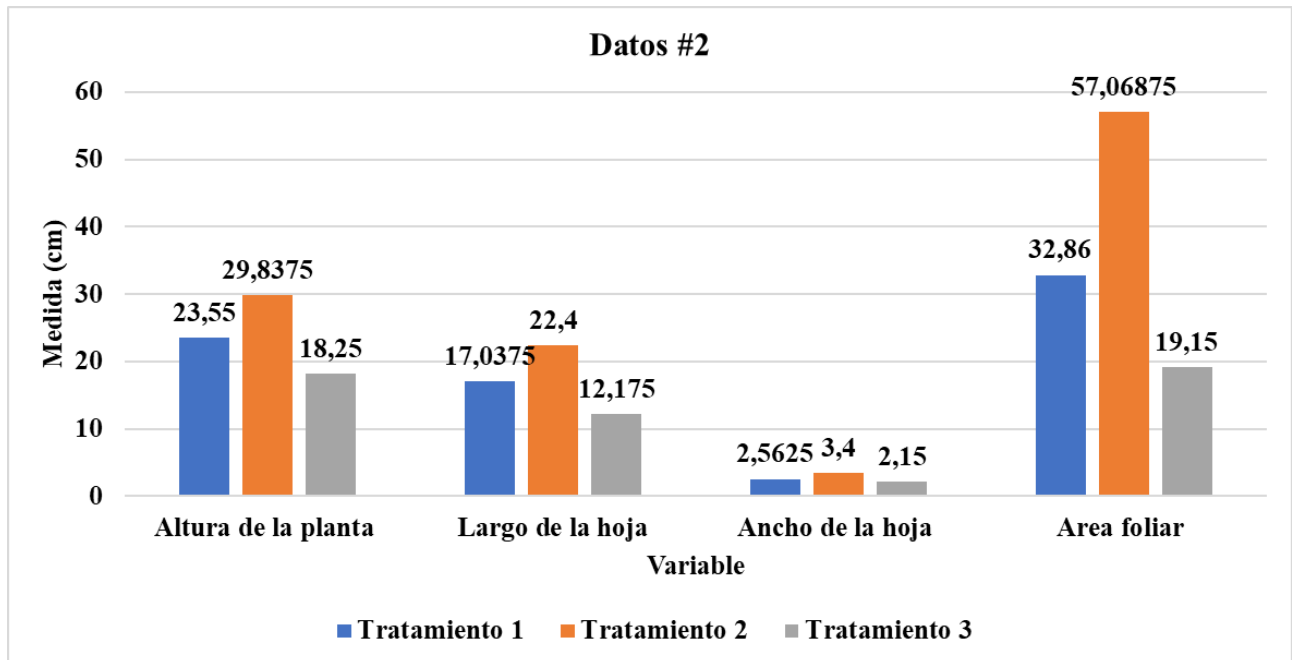
El tratamiento 1 y 2 corresponden a las dos dosis aplicadas de enmienda sobre el suelo cultivable, mientras que el tratamiento 3 corresponde al manejo agricultor tradicional sin aplicación de enmienda.

Figura 3: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#1 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa temprana V1



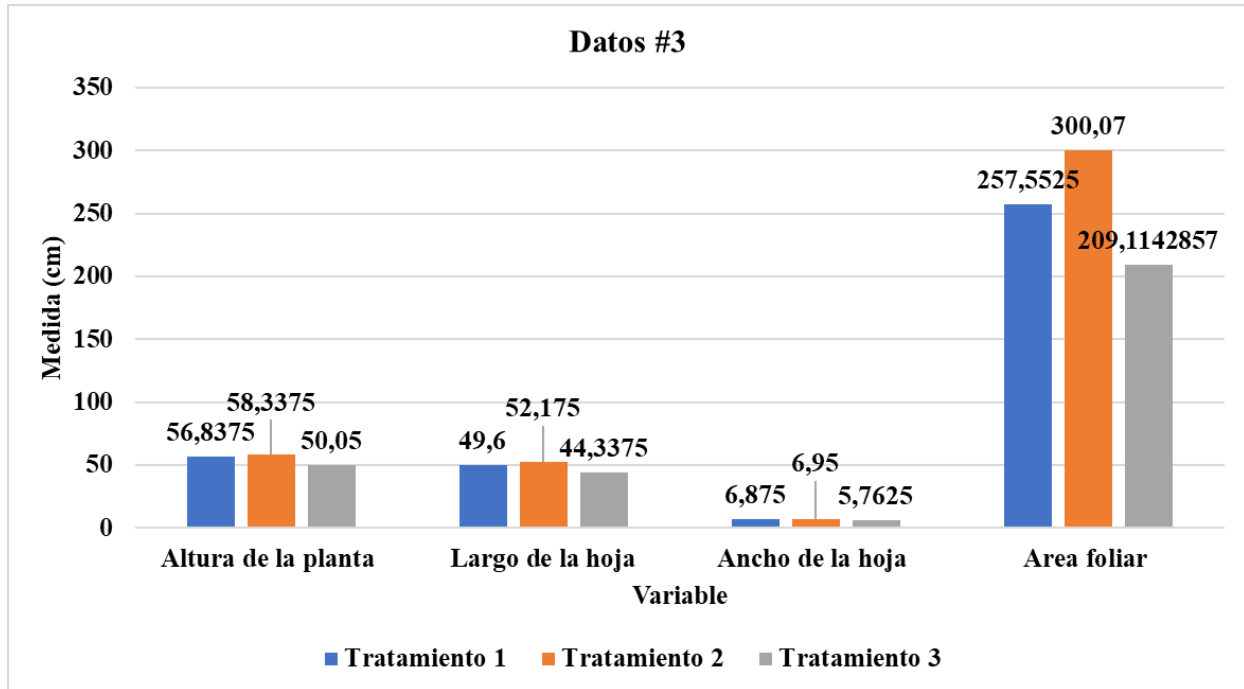
Fuente. Elaboración propia.

Figura 4: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#2 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa intermedia V3



Fuente. Elaboración propia.

Figura 5: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#3 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa intermedia V7



Fuente. Elaboración propia.

Figura 6: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#4 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa tardía V10

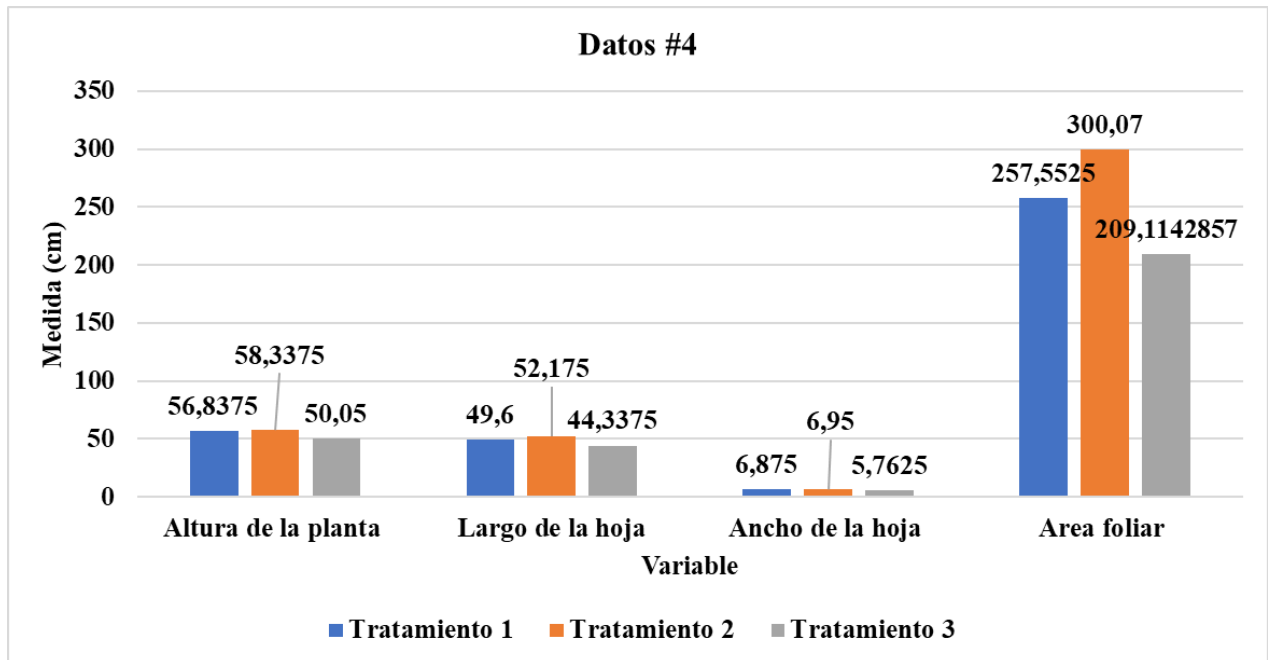
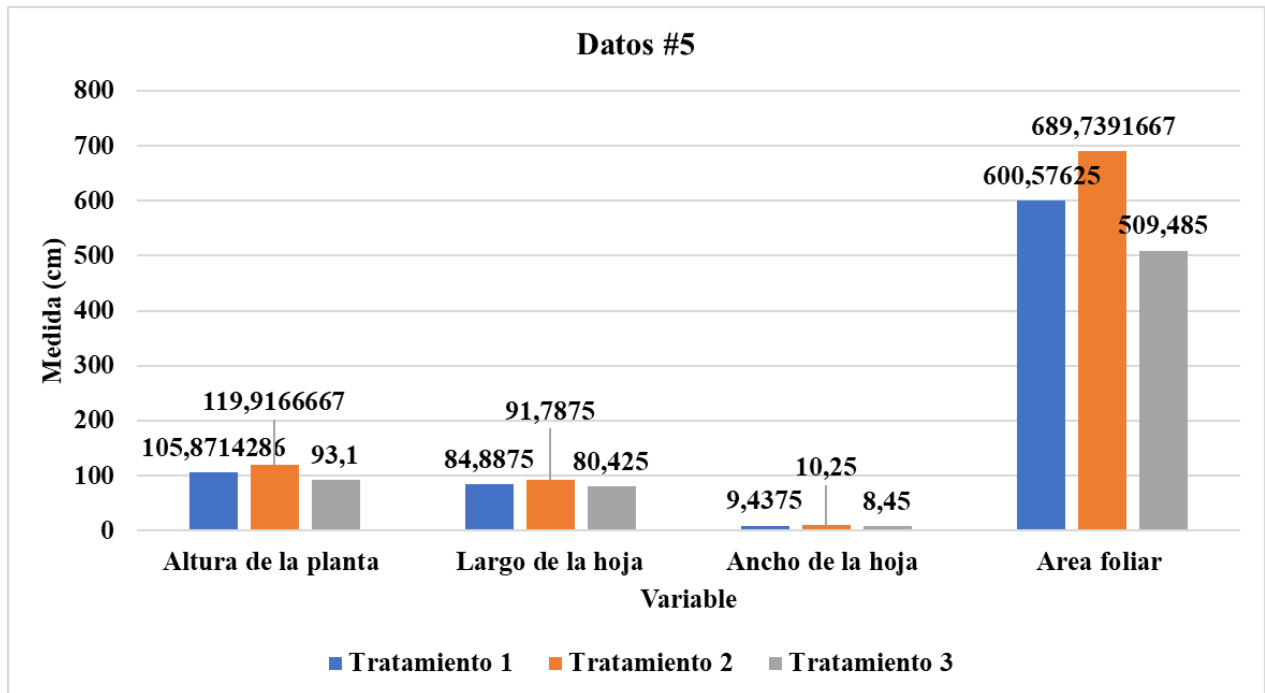


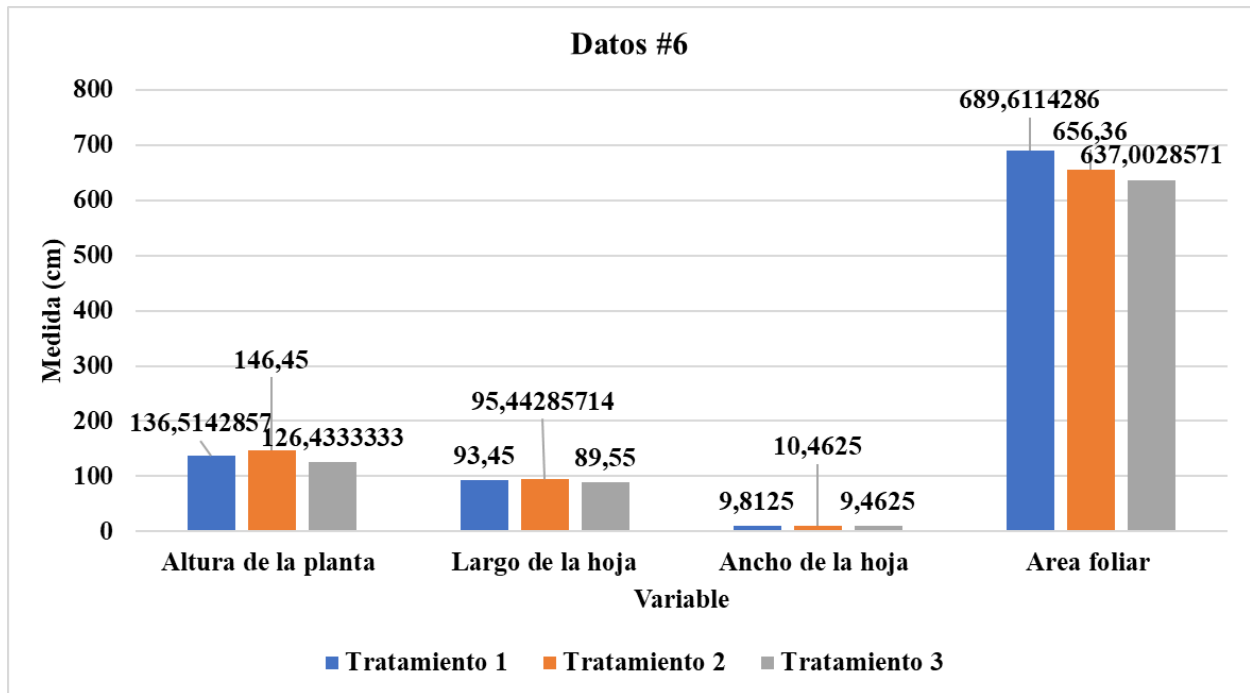
Figura. Elaboración propia.

Figura 7: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#5 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa vegetativa tardía V13



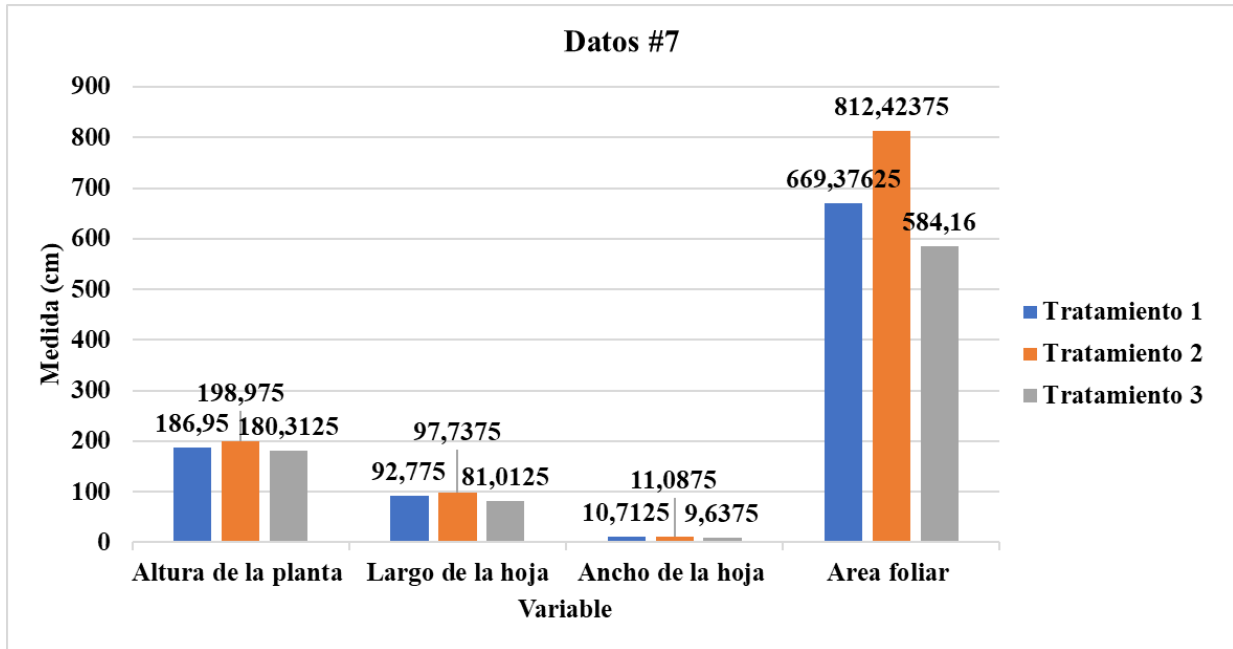
Fuente. Elaboración propia.

Figura 8: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#6 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa de transición V18



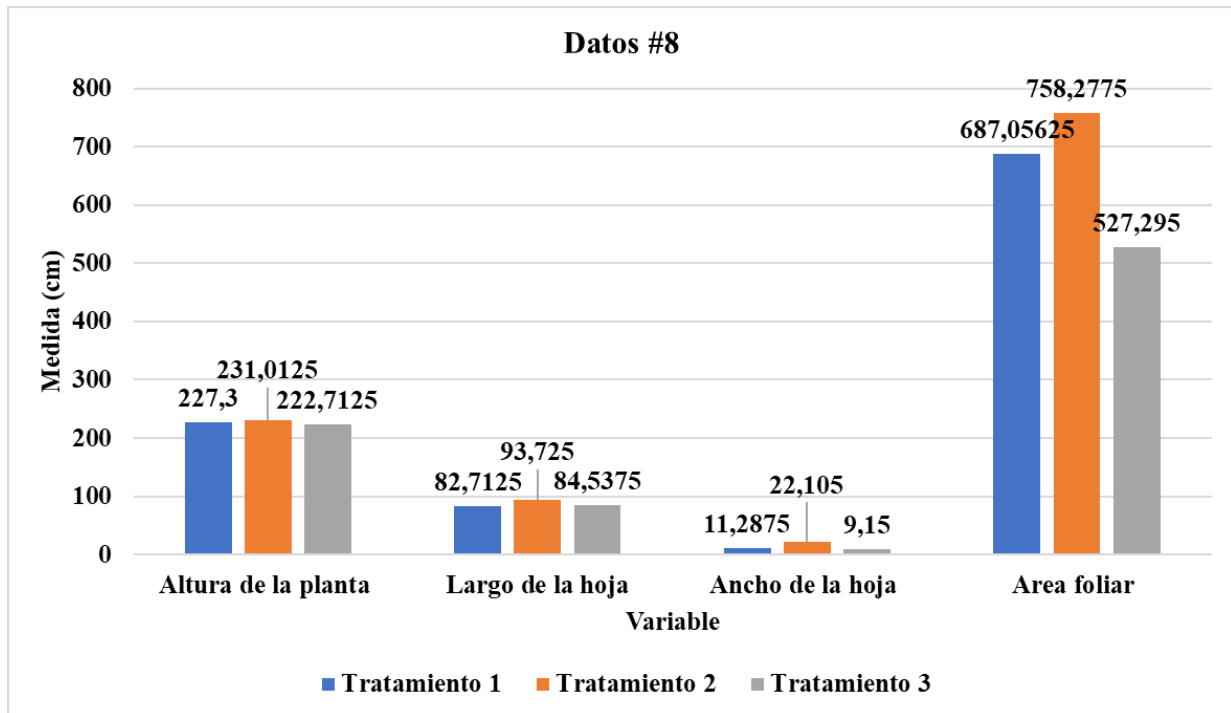
Fuente. Elaboración propia.

Figura 9: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#7 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa de aparición de los estigmas VT



Fuente. Elaboración propia.

Figura 10: Promedio de las cuatro repeticiones de los datos#8 de las dos plantas en fase fenológica correspondiente a la etapa de blíster R2



Fuente. Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos y observados anteriormente, se destaca en las cuatro repeticiones de las dos plantas utilizadas para cada dato, que las variables vegetativas han sido positivas y de mayor rendimiento en el tratamiento 2, lo cual se espera ver reflejado de igual forma en el rendimiento de las variables productivas descritas a continuación.

Además de lo anterior, con dichos resultados se procedió a realizar un análisis estadístico que permitió reconocer la desviación estándar, valor máximo y mínimo de cada tratamiento entre los ocho datos tenidos en cuenta para la medición de variables vegetativas, con lo que se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 5: *Análisis estadístico de las variables vegetativas.*

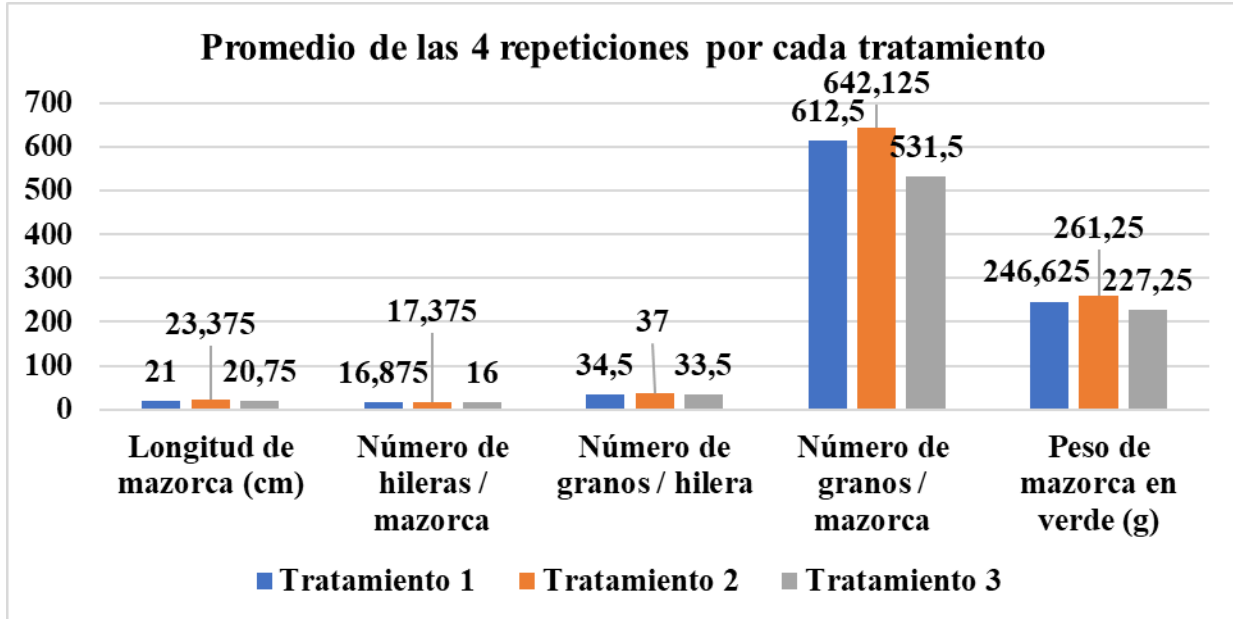
Análisis estadístico	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Desviación estándar	Altura de la planta	79,79	79,79	77,32
	Largo de la hoja	35,16	36,7	34,2
	Ancho de la hoja	3,76	6,24	3,34
	Área foliar	290,51	317,04	253,97
Valor mínimo	Altura de la planta	3,48	4,12	2,32
	Largo de la hoja	2,45	3	1,41
	Ancho de la hoja	1,26	1,35	1,12
	Área foliar	2,34	3,02	1,18
Valor máximo	Altura de la planta	227,3	231,01	222,71
	Largo de la hoja	93,45	97,73	89,55
	Ancho de la hoja	11,28	22,10	9,63
	Área foliar	689,61	812,42	637,00

Fuente. Elaboración propia.

Análisis de variables productivas

Para el análisis de las variables productivas se realizó una sola medición en la fecha correspondiente (dirigirse al anexo 10), en la cual se tienen en cuenta los 3 bloques con las 4 repeticiones definidas para el desarrollo de este proyecto, de los cuales se sustrajo un promedio para cada planta y cada tratamiento, valores que se encuentra en el anexo 11 del presente documento.

Figura 11: Grafico de barras correspondiente al promedio de los valores obtenidos en las 4 repeticiones de cada tratamiento en la fase reproductiva de la etapa de grano pastoso R4



Fuente. Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos de la medición de las variables productivas sobre la mazorca de las plantas en estudio para cada tratamiento, se infiere que el tratamiento 2 mostró mayor grado de efectividad.

Para respaldar lo anterior, se tiene en cuenta el trabajo de investigación realizado por (Medina, 2017) en cual se afirma que la corrección de pH puede ser útil para varios propósitos tomando en consideración que es una práctica que permite la incorporación inmediata de los elementos esenciales que ayudan en los metabolitos que se están generando en el proceso de fotosíntesis. Algunos de estos propósitos se indican a continuación: corregir las deficiencias nutrimentales que en un momento dado se presentan en el desarrollo de la planta, corregir requerimientos nutrimentales que no se logran asimilar en la fertilización común al suelo,

abastecer de nutrimentos a la planta que se retienen o se fijan en el suelo, mejorar la calidad del producto, acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta, hacer eficiente el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes, corregir problemas fitopatológicos de los cultivos al aplicar cobre y azufre, y respaldar o reforzar la fertilización edáfica para optimizar el rendimiento de una cosecha.

Por ello, se considera que el uso del tratamiento 2 bajo la aplicación de enmienda correspondiente mejora la productividad y calidad del fruto obtenido, siendo en este caso el maíz.

Conclusiones

Mediante la investigación realizada se lograron caracterizar los aspectos más importantes respecto a la eficacia y el funcionamiento de la utilización de una enmienda a base de óxidos y silicatos elaborada en la empresa Agroinsumos Manantial, lo cual permitió el análisis comparativo entre tres tratamientos diferentes.

En primer lugar, por medio del análisis de suelos, se reconocen las variables como textura, % de saturación de aluminio y valor de pH, las cuales son datos importantes para medir y evaluar la eficacia del funcionamiento de una enmienda sobre la corrección de acidez y saturación de elementos que podrían ser tóxicos para el suelo cultivable, como es el caso del aluminio en el suelo del cultivo de maíz en estudio. En este caso, se destacó el tratamiento 2 teniendo en cuenta que fue el que logró un incremento del pH, que, aunque no fue significativo por el corto tiempo que se esperó para su medición, si favoreció la disminución del aluminio intercambiable, lo que favorece el cultivo de maíz teniendo en cuenta que este elemento es tóxico y causa daños directos sobre el crecimiento correcto del cultivo.

En segundo lugar, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las variables vegetativas y productivas del cultivo luego de la aplicación de la enmienda, se destaca el tratamiento 2 como el más eficaz para el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo, ya que sobre este destacaron las medidas mayores de todas las variables en estudio.

Recomendaciones

Se recomienda para los agricultores de maíz, la aplicación de la enmienda antes de la siembra con el fin de lograr una modificación química que conlleven a una disminución de elementos químicos tóxicos como el aluminio y el manganeso sobre el cultivo con el fin de conseguir la obtención de una semilla en buena condición, lo que se verá reflejado durante el enraizamiento, medidas vegetativas y producción del cultivo.

Además, se debe tener en cuenta la elección de la aplicación de enmiendas sobre la aplicación de sustrato como Kieserita, ya que este último sulfato se encuentra escaso en el mundo actualmente además de presentar altos costos para los productores a comparación de las enmiendas.

Referencias

- Amarís, C. D. (2017). Importancia del maiz en Colombia. *Biblioteca agropecuaria*. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/21054/28411_18756.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Avila, K. (2013). Pamplona Norte de Santander. Obtenido de <http://nortedesantanderpamplonakd.blogspot.com/2013/05/pamplona-norte-de-santander-es-una.html>
- Carril, E. P. (2015). ASPECTOS BOTÁNICOS Y TAXONÓMICOS DEL MAÍZ. *Serie botanica*, 7(2). Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf>
- Fenalce. (2020). Areas cultivadas de maíz por departamento en Colombia. *Federacion Nacional de Cultivadores de cereales y leguminosas*. Obtenido de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOTk3NDZhYTMtZjg5NC00OWIxLWE3NmItOTIzYjdlZmFmNmJhIiwidCI6IjU2MmQ1YjJILTBmMzEtNDdmOC1iZTk4LTNmMjI4Nzc4MDBhOCJ9>
- Flores, H. D. (2020). Guia técnica: Cultivo de maiz. (M. Sorto, N. Menjívar, & L. R. Valientes, Edits.) *Cooperación para la Agricultura en El Salvador*. Obtenido de <http://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Guamán, R. N., Vera, T. X., Abril, Á. F., Cortázar, S. M., & Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7728549>
- Holguín, M. d. (2020). Implementación de un sistema de producción y comercialización de 10.800 m² de maíz *Zea mays* agrisure viptera 3R VPT3R, en el municipio de Mapiripan

Meta. *Ciencia Unisalle*. Obtenido de

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1189&context=ingenieria_agronomica

Jiménes, M. H. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v23n2/0123-4226-rudca-23-02-e1375.pdf>

Kato, T., & al., E. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf>

Medina, D. L. (2017). Efecto de la aplicación de enmiendas de origen mineral en el pH del suelo en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), distrito de Pólvora – Tocache – San Martín. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo*. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3758/AGRONOMIA%20-%20Deygar%20Luis%20Cruzado%20Medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de agricultura de Colombia . (2021). *Leyes* . Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Leyes.aspx>

Molina, E. (1998). Encalado para la corrección de la acidez del suelo. *ACCS*. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3758/AGRONOMIA%20-%20Deygar%20Luis%20Cruzado%20Medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mora, C. D., & Gómez, Y. C. (2018). DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPETITIVIDAD DEL SUBSECTOR DEL LULO EN LOS MUNICIPIOS DE VENECIA PANDI Y ARBELAEZ DE CUNDINAMARCA. *Universidad católica de*

Colombia. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15169/1/proyecto%20de%20trabajo%20de%20grado%202.pdf>

Morales, F. (2012). MoralConozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa.

Sánchez, A. E., Buñay, T. G., Yépez, A. F., & Ramírez, H. O. (2021). Uso de enmiendas en la producción de maíz para ensillaje con riego organico mineral. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 177-192. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/45769/45747>

Santos, J. L., Atencia, J. M., Torres, J. C., Yanez, R. S., & Morelos, R. T. (2020). Una evaluación de las propiedades físicoquímicas de suelo en sistema productivo de maíz - algodón y arroz en el Valle del Sinú en Colombia. *Actualidad y divulgación científica*, 23(2). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v23n2/0123-4226-rudca-23-02-e1375.pdf>

Tello, P. (2018). Aplicación de diferentes metodologías en el uso de enmiendas para la recuperación de suelos degradados en la localidad de río Espino - Monzón. *Universidad Nacional Agraria de la Ciencia* . Obtenido de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1648/TS_TRP_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Anexos

Anexo 1. Evidencias sobre la aplicación de enmienda en el cultivo de maíz en estudio

Figura 12: Aplicación de la enmienda antes de la siembra



Fuente. Elaboración propia

Figura 13: Mezcla física de la enmienda aplicada



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 2. Crecimiento y forma de diferenciación de los tres tratamientos aplicados

Figura 14: Tratamiento uno diferenciado por su rotulo



Fuente. Elaboración propia.

Figura 15: Tratamiento dos diferenciado por su rotulo



Fuente. Elaboración propia.

Figura 16: Tratamiento tres del manejo agricultor



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 3. Información detallada del contenido de mezcla de la enmienda aplicada

INFORMACION DE CONTENIDOS MEZCLA S					
PRODUCTO	%P2O5 Total	%CaO	% MgO	% S	%SiO2
MEZCLA S	0,6%	23,1%	15,1%	5,2%	11,8%

CANTIDAD MATERIAS PRIMAS X PRODUCTO		INFORMACION DE MATERIAS PRIMAS MEZCLA S				
		%P2O5 Total	%CaO	% MgO	% S	%SiO2
40,0%	Yeso Agricola	0,0%	24,0%	0,0%	13,0%	0,0%
30,0%	Silimag 30-30	0,0%	0,0%	30,0%	0,0%	31,0%
20,0%	Oxidol	3,0%	50,0%	24,0%	0,0%	0,0%
10,0%	Silicato de Calcio	0,0%	35,0%	13,0%	0,0%	25,0%
100,0%		0,6%	23,1%	15,1%	5,2%	11,8%

Anexo 4. Toma de datos referentes a la altura de la planta

Figura 17: Evidencia sobre toma de datos



Fuente. Elaboración propia.

Figura 18: Medición de la altura de la planta como variable vegetativa



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 5. Evidencia sobre la toma de datos respecto al área foliar de la planta.

Figura 19: Medición del ancho de la hoja



Fuente. Elaboración propia.

Figura 20: Medición del largo de la hoja



Fuente. Elaboración propia.

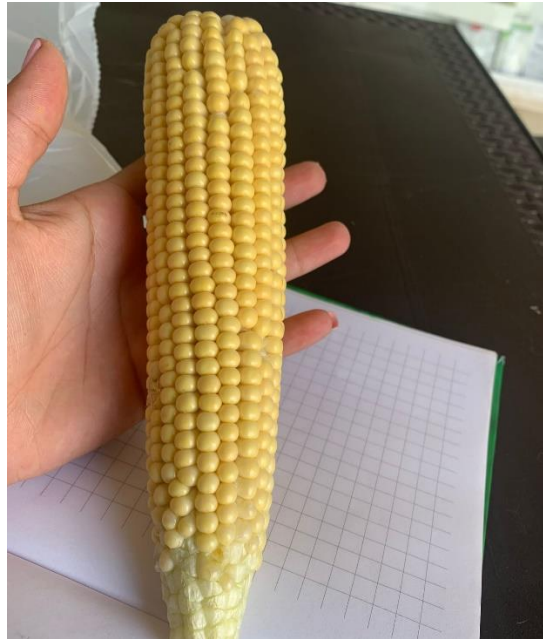
Anexo 6. Evidencias sobre las mediciones de variables productivas

Figura 21: Proceso de pesaje de la mazorca en verde.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 22: Proceso de medición de variables productivas.



Fuente. Elaboración propia.

Anexo 7. Datos obtenidos de cada medición realizada sobre las variables vegetativas del cultivo de maíz en estudio

Tabla 6: Datos obtenidos de cada medición realizada sobre las variables vegetativas

Datos # 1				
Fecha: 8 de septiembre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Número de planta	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	3,2	4,3	2,3
	Largo de la hoja (cm)	2,4	3,2	1,6
	Ancho de la hoja (cm)	1,2	1,3	1,1
	Área foliar (cm ²)	2,16	3,12	1,32
Planta 2	Altura de la planta (cm)	3,6	4,2	2,2
	Largo de la hoja (cm)	2,5	3,3	1,4
	Ancho de la hoja (cm)	1,2	1,2	1,1
	Área foliar (cm ²)	2,25	2,97	1,15
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Altura de la planta (cm)	3,5	2,6	3,2
	Largo de la hoja (cm)	2,3	1,3	2,5

	Ancho de la hoja (cm)	1,4	1,2	1,2
	Área foliar (cm2)	2,41	1,17	2,25
Planta 2	Altura de la planta (cm)	3,8	2,2	3,5
	Largo de la hoja (cm)	2,7	1,4	2,4
	Ancho de la hoja (cm)	1,6	1,1	1,3
	Área foliar (cm2)	3,24	1,15	2,34
	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Planta 1	Altura de la planta (cm)	2,4	3,3	4,7
	Largo de la hoja (cm)	1,5	2,6	3,2
	Ancho de la hoja (cm)	1,1	1,4	1,3
	Área foliar (cm2)	1,23	2,73	3,12
Planta 2	Altura de la planta (cm)	2,6	3,8	4,5
	Largo de la hoja (cm)	1,4	2,5	3,4
	Ancho de la hoja (cm)	1,2	1,3	1,4
	Área foliar (cm2)	1,26	2,43	3,57
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	3,7	3,9	2,2
	Largo de la hoja (cm)	2,4	2,6	1,4
	Ancho de la hoja (cm)	1,3	1,2	1,1
	Área foliar (cm2)	2,34	2,34	1,15
Planta 2	Altura de la planta (cm)	3,6	4,1	2,1
	Largo de la hoja (cm)	2,3	3,3	1,3
	Ancho de la hoja (cm)	1,2	1,4	1,1
	Área foliar (cm2)	2,24	3,46	1,07
Datos #2				
Fecha: 15 de septiembre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	20,3	30,2	18,6
	Largo de la hoja (cm)	14,3	20,2	10,2
	Ancho de la hoja (cm)	2,5	3,2	2,1
	Área foliar (cm2)	26,81	46,96	16,83
Planta 2	Altura de la planta (cm)	22,3	29,1	16,5
	Largo de la hoja (cm)	15,2	18,6	11,2
	Ancho de la hoja (cm)	2,3	3,3	2,1
	Área foliar (cm2)	26,22	46,03	17,64
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Altura de la planta (cm)	32,1	19,4	25,6
	Largo de la hoja (cm)	26,3	15,2	19,1
	Ancho de la hoja (cm)	3,6	2,2	2,4

	Área foliar (cm2)	71,01	25,08	34,38
Planta 2	Altura de la planta (cm)	30,4	19,2	24,3
	Largo de la hoja (cm)	24,2	12,4	18,4
	Ancho de la hoja (cm)	3,7	2,1	2,7
	Área foliar (cm2)	67,15	14,53	37,26
	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Planta 1	Altura de la planta (cm)	17,5	26,3	33,8
	Largo de la hoja (cm)	11,6	19,6	23,6
	Ancho de la hoja (cm)	2,1	2,8	3,5
	Área foliar (cm2)	18,27	41,16	61,45
Planta 2	Altura de la planta (cm)	18,9	24,6	27,1
	Largo de la hoja (cm)	13,2	18,2	24,2
	Ancho de la hoja (cm)	2,3	2,7	3,2
	Área foliar (cm2)	22,77	36,85	58,08
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	21,6	28,7	18,5
	Largo de la hoja (cm)	15,3	21,5	11,3
	Ancho de la hoja (cm)	2,6	3,5	2,1
	Área foliar (cm2)	29,83	56,43	17,79
Planta 2	Altura de la planta (cm)	23,5	27,3	17,4
	Largo de la hoja (cm)	16,2	20,6	12,3
	Ancho de la hoja (cm)	2,5	3,2	2,2
	Área foliar (cm2)	30,37	49,44	20,29
Datos #3				
Fecha: 22 de septiembre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	46,7	52,5	45,5
	Largo de la hoja (cm)	49,8	46,3	41,7
	Ancho de la hoja (cm)	5,3	6,4	4,6
	Área foliar (cm2)	197,95	296,32	143,86
Planta 2	Altura de la planta (cm)	58,2	60,7	43,5
	Largo de la hoja (cm)	51,6	55,8	35,6
	Ancho de la hoja (cm)	6,3	6,4	5,2
	Área foliar (cm2)	243,81	267,84	138,84
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Altura de la planta (cm)	57,9	50,4	53,5
	Largo de la hoja (cm)	45,3	43,6	49,3
	Ancho de la hoja (cm)	6,4	6,5	8,1
	Área foliar (cm2)	217,44	212,55	299,49

Planta 2	Altura de la planta (cm)	55,1	70,2	66,7
	Largo de la hoja (cm)	46,3	62,8	57,6
	Ancho de la hoja (cm)	5,6	8,4	9,2
	Área foliar (cm2)	196,46	395,64	397,44
	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Planta 1	Altura de la planta (cm)	41,4	56,8	61,2
	Largo de la hoja (cm)	37,6	54,2	59,5
	Ancho de la hoja (cm)	4,2	6,5	7,6
	Área foliar (cm2)	118,44	264,22	339,15
Planta 2	Altura de la planta (cm)	51,6	57,9	55,7
	Largo de la hoja (cm)	45,8	41,6	48,9
	Ancho de la hoja (cm)	5,3	6,4	7,2
	Área foliar (cm2)	182,05	199,68	359,28
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	64,6	63	50,6
	Largo de la hoja (cm)	53,2	57,5	43,7
	Ancho de la hoja (cm)	6,5	7,8	6,3
	Área foliar (cm2)	259,35	336,37	206,48
Planta 2	Altura de la planta (cm)	50,3	60,6	47,2
	Largo de la hoja (cm)	39,5	57,8	43,9
	Ancho de la hoja (cm)	6,7	8,2	5,6
	Área foliar (cm2)	198,48	355,47	184,38
Datos #4				
Fecha: 29 de septiembre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	74,2	85,3	60,2
	Largo de la hoja (cm)	71,5	86,1	55,2
	Ancho de la hoja (cm)	7,9	9,9	7,7
	Área foliar (cm2)	423,63	639,29	318,78
Planta 2	Altura de la planta (cm)	82,6	98,1	66,3
	Largo de la hoja (cm)	76,2	71,9	64,2
	Ancho de la hoja (cm)	9,2	9,5	7,6
	Área foliar (cm2)	525,78	512,28	365,94
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Altura de la planta (cm)	93,3	65,5	79,6
	Largo de la hoja (cm)	72,6	46,2	58,3
	Ancho de la hoja (cm)	9,7	5,17	8,5
	Área foliar (cm2)	528,16	239,08	371,66
Planta 2	Altura de la planta (cm)	95,1	53,9	91,6

	Largo de la hoja (cm)	73,5	50,9	75,2
	Ancho de la hoja (cm)	10,2	6,5	8,5
	Área foliar (cm2)	562,27	248,13	479,4
	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Planta 1	Altura de la planta (cm)	68,7	84,8	93,5
	Largo de la hoja (cm)	41,9	77,3	73,2
	Ancho de la hoja (cm)	6,7	8,6	10,5
	Área foliar (cm2)	210,54	498,58	576,45
Planta 2	Altura de la planta (cm)	75,5	78,5	95,1
	Largo de la hoja (cm)	71,6	58,7	73,9
	Ancho de la hoja (cm)	7,6	9,5	9,2
	Área foliar (cm2)	408,12	418,23	509,01
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	78,1	95,1	70,3
	Largo de la hoja (cm)	71,6	93,6	67,5
	Ancho de la hoja (cm)	9,5	9,85	7,1
	Área foliar (cm2)	510,15	540,96	359,43
Planta 2	Altura de la planta (cm)	72,2	91,6	76,6
	Largo de la hoja (cm)	63,4	66,6	61,3
	Ancho de la hoja (cm)	9,2	9,4	9,6
	Área foliar (cm2)	437,46	469,53	44,36
Datos #5				
Fecha: 6 de octubre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	100,6	115,8	98,3
	Largo de la hoja (cm)	82,6	87,1	76,8
	Ancho de la hoja (cm)	9,8	10,2	8,7
	Área foliar (cm2)	607,11	666,315	501,12
Planta 2	Altura de la planta (cm)	109,3	125,4	90,6
	Largo de la hoja (cm)	80,2	93,3	79,9
	Ancho de la hoja (cm)	9,6	10,3	8,6
	Área foliar (cm2)	577,44	720,74	515,35
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Altura de la planta (cm)	120,4	95,7	106,3
	Largo de la hoja (cm)	89,3	79,4	84,7
	Ancho de la hoja (cm)	9,9	8,6	9,1
	Área foliar (cm2)	663,05	512,13	578,07
Planta 2	Altura de la planta (cm)	113,2	89,8	109,1
	Largo de la hoja (cm)	88,8	81,2	87,5

	Ancho de la hoja (cm)	9,4	8,3	8,9
	Área foliar (cm2)	626,04	505,47	584,06
	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Planta 1	Altura de la planta (cm)	93,8	102,9	118,4
	Largo de la hoja (cm)	81,3	85,4	92,2
	Ancho de la hoja (cm)	8,7	9,7	10,6
	Área foliar (cm2)	530,48	621,28	732,99
Planta 2	Altura de la planta (cm)	90,6	107,6	122,6
	Largo de la hoja (cm)	80,9	89,3	94,5
	Ancho de la hoja (cm)	8,4	9,4	10,3
	Área foliar (cm2)	509,67	629,56	730,01
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	103,2	125,3	90,1
	Largo de la hoja (cm)	85,5	95,6	84,3
	Ancho de la hoja (cm)	9,6	10,9	8,1
	Área foliar (cm2)	615,6	781,53	512,12
Planta 2	Altura de la planta (cm)	108,4	121,4	95,9
	Largo de la hoja (cm)	83,9	93,5	79,6
	Ancho de la hoja (cm)	9,4	10,4	8,2
	Área foliar (cm2)	591,49	729,3	489,54
Datos #6				
Fecha: 13 de octubre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	126,4	140,5	121,8
	Largo de la hoja (cm)	92,5	98,7	89,5
	Ancho de la hoja (cm)	9,3	10,3	8,3
	Área foliar (cm2)	643,09	762,45	575,81
Planta 2	Altura de la planta (cm)	126,5	146,6	129,2
	Largo de la hoja (cm)	97,6	102,9	83,9
	Ancho de la hoja (cm)	9,2	10,8	8,2
	Área foliar (cm2)	710,01	797,88	515,98
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Altura de la planta (cm)	148,7	127,6	137,4
	Largo de la hoja (cm)	96,1	94,5	95,2
	Ancho de la hoja (cm)	9,6	8,9	11,2
	Área foliar (cm2)	691,92	630,78	799,68
Planta 2	Altura de la planta (cm)	143,2	140,8	151,1
	Largo de la hoja (cm)	92,3	94,8	89,5
	Ancho de la hoja (cm)	10,9	10,5	9,5

	Área foliar (cm2)	131,52	746,55	637,68
	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Planta 1	Altura de la planta (cm)	120,3	136,1	149,2
	Largo de la hoja (cm)	96,2	88,5	92,3
	Ancho de la hoja (cm)	9,5	9,6	9,3
	Área foliar (cm2)	685,42	637,2	643,79
Planta 2	Altura de la planta (cm)	123,1	141,3	144,6
	Largo de la hoja (cm)	82,5	89,7	92,6
	Ancho de la hoja (cm)	10,2	10,3	9,8
	Área foliar (cm2)	631,12	692,93	680,61
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	144,9	151,3	131,3
	Largo de la hoja (cm)	96,2	91,2	84,7
	Ancho de la hoja (cm)	9,1	11,5	10,6
	Área foliar (cm2)	656,56	786,6	673,36
Planta 2	Altura de la planta (cm)	133,2	147,5	132,9
	Largo de la hoja (cm)	98,4	94,6	90,3
	Ancho de la hoja (cm)	10,3	11,5	9,5
	Área foliar (cm2)	760,14	815,92	643,38
Datos #7				
Fecha: 20 de octubre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	190,7	197,2	187,7
	Largo de la hoja (cm)	85,6	96,8	91,3
	Ancho de la hoja (cm)	11,1	11,6	10,1
	Área foliar (cm2)	712,62	842,16	691,59
Planta 2	Altura de la planta (cm)	191,2	198,6	168,3
	Largo de la hoja (cm)	90,9	98,9	86,3
	Ancho de la hoja (cm)	11,5	10,9	8,9
	Área foliar (cm2)	184,01	808,5	576,05
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Altura de la planta (cm)	196,2	186,9	140,5
	Largo de la hoja (cm)	100,1	91,7	90,6
	Ancho de la hoja (cm)	11,2	9,8	10,6
	Área foliar (cm2)	840,84	673,99	720,27
Planta 2	Altura de la planta (cm)	196,6	188,9	192,5
	Largo de la hoja (cm)	96,3	94,1	94,6
	Ancho de la hoja (cm)	11,3	9,3	10,9
	Área foliar (cm2)	816,14	656,34	773,35

	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Planta 1	Altura de la planta (cm)	179,9	193,6	201,3
	Largo de la hoja (cm)	90,2	90,5	96,3
	Ancho de la hoja (cm)	10,3	10,8	11,9
	Área foliar (cm ²)	696,79	733,05	859,47
Planta 2	Altura de la planta (cm)	181,3	194,3	196,9
	Largo de la hoja (cm)	87,5	93,5	98,6
	Ancho de la hoja (cm)	8,9	11,2	9,7
	Área foliar (cm ²)	584,06	785,4	717,31
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	194,6	203,5	182,3
	Largo de la hoja (cm)	96,3	96,3	87,5
	Ancho de la hoja (cm)	9,1	11,2	9,9
	Área foliar (cm ²)	657,24	808,92	649,68
Planta 2	Altura de la planta (cm)	198,2	201,5	167,2
	Largo de la hoja (cm)	100,2	98,6	19,5
	Ancho de la hoja (cm)	10,5	10,9	9,9
	Área foliar (cm ²)	789,07	806,05	144,78
Datos #8				
Fecha: 27 de octubre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	227,8	211	222,3
	Largo de la hoja (cm)	79,2	99,3	76,3
	Ancho de la hoja (cm)	18,3	11,24	8,6
	Área foliar (cm ²)	611,82	849,01	492,13
Planta 2	Altura de la planta (cm)	226,3	232,3	223,5
	Largo de la hoja (cm)	84,1	88,5	84,6
	Ancho de la hoja (cm)	9,4	101	9,6
	Área foliar (cm ²)	592,9	670,38	609,12
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Altura de la planta (cm)	233,6	222,4	228,6
	Largo de la hoja (cm)	91,2	81,5	40,1
	Ancho de la hoja (cm)	10,2	8,4	10,5
	Área foliar (cm ²)	697,68	513,45	709,53
Planta 2	Altura de la planta (cm)	230,6	224,6	227,4
	Largo de la hoja (cm)	89,3	89,3	89,6
	Ancho de la hoja (cm)	9,6	9,1	10,3
	Área foliar (cm ²)	642,96	609,47	692,16
	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2

Planta 1	Altura de la planta (cm)	221,9	227,3	235,6
	Largo de la hoja (cm)	86,7	95,1	97,5
	Ancho de la hoja (cm)	9,1	10,6	11,4
	Área foliar (cm ²)	591,72	756,04	833,62
Planta 2	Altura de la planta (cm)	220,8	225,1	233,8
	Largo de la hoja (cm)	89,1	91,5	94,2
	Ancho de la hoja (cm)	9,6	10,2	10,3
	Área foliar (cm ²)	641,52	699,97	727,69
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Altura de la planta (cm)	227,6	234,5	223,4
	Largo de la hoja (cm)	91,5	96,9	84,3
	Ancho de la hoja (cm)	10,5	11,8	9,2
	Área foliar (cm ²)	720,56	857,56	616,17
Planta 2	Altura de la planta (cm)	228,3	236,7	222,8
	Largo de la hoja (cm)	90,6	92,9	84,5
	Ancho de la hoja (cm)	10,5	11,3	9,6
	Área foliar (cm ²)	713,47	787,32	144,78

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 8. Promedio de los datos obtenidos por cada tratamiento y en cada fecha de medición

Tabla 7: Promedio de las 4 repeticiones por cada tratamiento

Promedio de las 4 repeticiones por cada tratamiento					
Datos	Estado fenológico del cultivo	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
1	Etapa vegetativa temprano V1	Altura de la planta (cm)	3,48	4,12	2,32
		Largo de la hoja (cm)	2,45	3	1,41
		Ancho de la hoja (cm)	1,26	1,35	1,12
		Área foliar (cm ²)	2,34	3,02	1,18
2	Etapa vegetativa intermedia V3	Altura de la planta (cm)	23,55	29,83	18,25
		Largo de la hoja (cm)	17,03	22,4	12,17
		Ancho de la hoja (cm)	2,56	3,4	2,15
		Área foliar (cm ²)	32,86	57,06	19,15

3	Etapa vegetativa intermedia V7	Altura de la planta (cm)	56,83	58,33	50,05
		Largo de la hoja (cm)	49,6	52,17	44,33
		Ancho de la hoja (cm)	6,87	6,95	5,7
		Área foliar (cm ²)	257,55	300,07	209,11
4	Etapa vegetativa tardía V10	Altura de la planta (cm)	80,2	93,38	67,12
		Largo de la hoja (cm)	69,02	76,42	57,35
		Ancho de la hoja (cm)	8,86	9,78	7,24
		Área foliar (cm ²)	458,11	524,82	267,9
5	Etapa vegetativa tardía V13	Altura de la planta (cm)	105,87	119,91	93,1
		Largo de la hoja (cm)	84,88	91,78	80,42
		Ancho de la hoja (cm)	9,43	10,25	8,45
		Área foliar (cm ²)	600,57	689,73	509,48
6	Etapa de transición V18	Altura de la planta (cm)	136,51	146,45	126,4
		Largo de la hoja (cm)	93,45	95,44	89,55
		Ancho de la hoja (cm)	9,81	10,46	9,46
		Área foliar (cm ²)	689,61	656,36	637,00
7	Etapa de aparición de los estigmas VT	Altura de la planta (cm)	186,95	198,97	180,31
		Largo de la hoja (cm)	92,77	97,73	81,01
		Ancho de la hoja (cm)	10,71	11,08	9,63
		Área foliar (cm ²)	669,37	812,42	584,16
8	Etapa de blíster R2	Altura de la planta (cm)	227,3	231,01	222,71
		Largo de la hoja (cm)	82,71	93,72	84,53
		Ancho de la hoja (cm)	11,28	22,10	9,15
		Área foliar (cm ²)	687,05	758,27	527,29

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 9. Mediciones de variables productivas

Tabla 8: Datos obtenidos sobre la medición única de variables productivas, en la etapa de grano pastoso R4

Datos de la mazorca				
Fecha: 17 de noviembre de 2021		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Número de planta	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Longitud de mazorca (cm)	18	20	18
	Número de hileras / mazorca	15	17	14
	Número de granos / hilera	38	38	38
	Número de granos / mazorca	570	646	532
	Peso de mazorca en verde (g)	237	245	225
Planta 2	Longitud de mazorca (cm)	19	21	19
	Número de hileras / mazorca	16	16	14
	Número de granos / hilera	38	40	41
	Número de granos / mazorca	608	640	574
	Peso de mazorca en verde (g)	240	270	238
	Variable	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
Planta 1	Longitud de mazorca (cm)	25	21	21
	Número de hileras / mazorca	18	16	17
	Número de granos / hilera	37	30	29
	Número de granos / mazorca	666	480	493
	Peso de mazorca en verde (g)	280	221	223
Planta 2	Longitud de mazorca (cm)	23	19	19
	Número de hileras / mazorca	17	16	17
	Número de granos / hilera	38	37	36
	Número de granos / mazorca	646	592	612
	Peso de mazorca en verde (g)	280	230	278
	Variable	Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Planta 1	Longitud de mazorca (cm)	21	24	25
	Número de hileras / mazorca	17	18	18
	Número de granos / hilera	28	35	38

	Número de granos / mazorca	476	630	684
	Peso de mazorca en verde (g)	223	265	260
Planta 2	Longitud de mazorca (cm)	23	21	23
	Número de hileras / mazorca	17	17	17
	Número de granos / hilera	29	31	35
	Número de granos / mazorca	493	527	595
	Peso de mazorca en verde (g)	224	225	253
	Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Planta 1	Longitud de mazorca (cm)	24	26	22
	Número de hileras / mazorca	17	18	17
	Número de granos / hilera	36	34	30
	Número de granos / mazorca	612	612	510
	Peso de mazorca en verde (g)	247	244	224
Planta 2	Longitud de mazorca (cm)	22	24	23
	Número de hileras / mazorca	18	18	17
	Número de granos / hilera	33	36	35
	Número de granos / mazorca	594	648	595
	Peso de mazorca en verde (g)	258	258	233

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 10. Promedio de las 4 repeticiones por cada tratamiento

Tabla 9: Promedio de las 4 repeticiones por cada tratamiento, en la etapa de grano pastoso R4

Promedio de las 4 repeticiones por cada tratamiento			
Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Longitud de mazorca (cm)	21	23,375	20,75
Número de hileras / mazorca	16,875	17,375	16
Número de granos / hilera	34,5	37	33,5
Número de granos / mazorca	612,5	642,125	531,5
Peso de mazorca en verde (g)	246,625	261,25	227,25

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 11. Ficha técnica de manejo agricultor



FICHA TECNICA KIESERITA 0 - 0 - 0 - 25(Mg) - 20(S)

GENERALIDADES

NOMBRE COMERCIAL: KIESERITA
NOMBRE GENERICO: KIESERITA
FORMULA COMERCIAL: 0 - 0 - 0 - 25(MgO) - 20(S)
REGISTRO ICA: 5098
COMPOSICION:

NUTRIENTE	NOMINAL (%)	MINIMO (%)	METODO ANALITICO
Magnesio Total (MgO)	25.0	23.2	Absorción Atómica
Azufre Total (S)	20.0	16.4	Turbidimétrico
Humedad	2.0	--	Gravimétrico

Criterio de aprobación y rechazo de acuerdo con Resolución ICA 0150 del 21 de Enero de 2003 o según NTC 1061 abonos o fertilizantes. Tolerancias. (99-10-27)

CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS

PRESENTACION FÍSICA: Fertilizante sólido granulado de color blanco hueso
pH: 7 -9
Densidad a granel: 2570 Kg/mt³
Característica Complemento menor con alto contenido de Magnesio y Azufre.
Solubilidad en agua (30°C) 40g/100 mL
Humedad crítica relativa (30°C) 44%

Disponibilidad en el suelo: Fertilizante adecuadamente soluble que proporciona una liberación rápida y continua de los nutrientes que contiene la KIESERITA.

GRANULOMETRÍA

Tamiz TYLER No.	% Partículas
1. > 4mm	40,0
2. 4-3mm	45,0
3. 3-2mm	13,0
4. 2-1mm	1,2
5. <1mm	0,8

El mayor porcentaje de partículas está en el tamiz 2 indicando que la mayoría de las partículas miden de 3 a 4 mm.

APLICACIÓN

KIESERITA granular es idónea para corregir deficiencias de Magnesio en suelos pobres y/o restituir el Magnesio removido por la cosecha.

Es recomendable tener en cuenta la prescripción de un Ingeniero Agrónomo basada en un adecuado y oportuno análisis de suelo o tejido foliar.

EMPAQUE

El producto es envasado en empaques laminados con polietileno interno en presentaciones de 50 Kg de contenido neto. Este sistema permite buena conservación y fácil manejo del producto.

ALMACENAMIENTO

Se debe almacenar en un lugar seco, con ventilación para evitar el exceso de polvo. No arrumar directamente en el suelo, se debe hacer sobre estibas secas. No dejar a la intemperie. Se debe separar de materiales orgánicos y de otras sustancias como oxidantes, líquidos inflamables, ácidos y combustibles. Su almacenamiento no debe ser mayor a 6 meses.

TRANSPORTE

Transportar en vehículos con carrocería o carpa que permitan proteger los sacos de la lluvia. El vehículo debe estar limpio y libre de humedad. Evitar colocar objetos combustibles o inflamables sobre los sacos. Evitar que los sacos entren en contacto con objetos cortopunzantes.