

**Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
“EZEQUIEL ZAMORA”**



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

**VICERRECTORADO
DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
ESTADO PORTUGUESA**

**EFFECTO DEL SILICIO ORGÁNICO COMO COMPLEMENTO DE LA
FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE
MAÍZ (Zea mays L.), HÍBRIDO DEKALB 7500 AMARILLO)**

AUTORES

SilvaJanett

Torrealba Angel

TUTOR

Parraga Carlos

Guanare; Octubre de 2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
OCCIDENTALES EZEQUIEL ZAMORA. "UNELLEZ"-GUANARE.**

VICERRECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.

SUB-PROGRAMA: P.A.V.

SUB-PROYECTO: APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS II

**EFFECTO DEL SILICIO ORGÁNICO COMO COMPLEMENTO DE LA
FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL
CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.) HÍBRIDO DEKALB 7500 AMARILLO**

AUTORES:

Silva Janett CI.14.865.430

Torrealba Ángel CI.26.800.927

TUTOR:

PárragaCarlos

Guanare; Octubre de 2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pag.
Índice de cuadros-----	I
Índice de figuras-----	II
Índice de Anexos-----	II
Agradecimiento-----	III
Resumen-----	IV
Abstract-----	V
INTRODUCCIÓN-----	1
1. Objetivos de la investigación-----	3
1.1 Objetivo general-----	3
1.1.1. Objetivo específicos-----	3
2. Planteamiento del problema-----	4
3. JUSTIFICACIÓN-----	7
4. Revisión bibliográfica-----	8
4.1. Antecedentes-----	8
5. METODOLOGÍA-----	17
5.1. Ubicación del ensayo-----	17
5.2. Tipo de investigación-----	17
5.3. Distribución de campo-----	18
5.4. Análisis estadístico-----	19
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS-----	23
7. CONCLUSIONES-----	37
8. RECOMENDACIONES-----	38
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	39
10. ANEXOS-----	42

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Pág.
1. Promedios y desviaciones de variables morfométricas-----	25
2. ANOVA de variables morfométricas-----	27
3. Promedios y significancia de variables morfométricas-----	27
4. Valores promedios de población y rendimiento-----	32
5. ANOVA de componentes del rendimiento-----	33
6. Medias de biomasa fresca, población y rendimiento-----	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. DISTRIBUCIÓN DE CAMPO -----	17
2. ANOVA de variables morfométricas-----	19
3. Tendencias y variaciones morfométricas-----	26
4. Tendencias y variaciones de variables foliares-----	26
5. Promedios de altura de planta y significancia-----	28
6. Promedios y significancia del diámetro del tallo-----	28
7. Interacción tratamiento*período sobre altura de planta-----	29
8. Interacción tratamiento*período sobre Diámetro del tallo-----	29
9. Interacción tratamiento*período sobre Ancho de hoja-----	30
10. Interacción tratamiento*período sobre largo de hoja-----	30
11. Comparaciones medias de peso fresco-----	34
12. Comparaciones medias de población-----	34
13. Medias de peso de mazorca-----	35
14. Medias de rendimiento-----	35
15. Interacción tratamiento*período sobre peso fresco aéreo-----	36
16. Interacción tratamiento*período sobre peso fresco de raíz-----	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura Pág.

1. Descripción del suelo-----	43
2. Aportes, requerimientos y necesidades de fertilizantes -----	44
3. Preparación de suelos -----	45
4. Muestreo de suelos-----	46
5. Siembra y fertilización -----	47
6. Instalación del ensayo-----	48
7. Preparación de tratamientos-----	49
8. Primera aplicación de tratamientos-----	50
9. Segunda aplicación de tratamientos y primera evaluación-----	51

CARTA DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Yo: Parraga Carlos, cédula de identidad N° V- 8.550.472, hago constar que conozco la propuesta de trabajo de grado titulado: "EFECTO DEL SILICIO ORGANICO COMO COMPLEMENTO DE LA FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAIZ (Zea mays L.) HIBRIDO DEKAL 7500 AMARILLO" presentado por los ciudadanos: Silva Janett CI: 14.865.430, Torrealba Ángel CI: 26.800.927, para optar al título de Ingeniero en Agronomía y acepto asesorar a los estudiantes, en calidad de TUTOR, durante el periodo de desarrollo del mismo hasta su presentación y evaluación.

En la ciudad de Guanare, a los 01 días del mes de Septiembre del Año 2022

Nombre: Janett Silva, Angel Torrealba

Firma: [Firma manuscrita]

Nombre: Carlos Parraga

Firma: [Firma manuscrita]

[Firma manuscrita]
18/10/2022



UNIVERSIDAD NACIONAL
EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
"EZEQUIEL ZAMORA"

ACTA DE VEREDICTO

El 14 de Dic de 2022 en las instalaciones del Vicerrectorado de Producción Agrícola de la Universidad Nacional Experimental De Los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" ubicada en el municipio Guanare, se reunió el jurado integrado por los profesores: Pedro Salazar CI: 5734938 y el tutor Carlos Parra CI: 5648789 para evaluar el trabajo de Aplicación de Conocimientos titulado Efectos del silbo orgánico para complemento de la fertilización convencional en el cultivo de maíz como requisito parcial para optar por el grado académico de Ingeniero Agrónomo, de los bachiller(es) Jarell Silva CI: 14865430 y Angel Torrealba CI: 26800927 se otorga el trabajo discutido en su forma y contenido, dando la calificación de aprobado. Dando fe y en constancia de lo aquí señalado firman:

Prof. Carlos Parra
CI: 8.550.472
Tutor [Firma]

Prof. Pedro Salazar
CI: 5734938
Jurado Principal Interno

Prof. [Firma]
CI: 5648789
Jurado Principal Interno

Prof. [Firma]
Carmen Gimenez-M
CI.16.475.391
Coordinadora del Subproyecto de Aplicación de Conocimientos II



Prof. [Firma]
Hender Pérez
17.396.263 CI.
jefe de Subprograma de Agronomía

AGRADECIMIENTO

Desde lo más profundo de nuestros corazones, queremos agradecer infinitamente:

- A Dios en primer lugar, por darnos vida, salud y la luz necesaria para cumplir esta meta soñada
- A nuestros padres, pilares fundamentales en nuestras vidas, por el apoyo y la paciencia y la motivación en todos los momentos vividos durante la carrera.
- A la Universidad Ezequiel Zamora y sus profesores por permitirnos alcanzar los aprendizajes necesarios para la culminación de esta meta.
- A los profesores: Carlos Párraga y Carmen Giménez por su apoyo incondicional durante la realización de este trabajo
- A todos nuestros familiares y amigos, por su apoyo y motivación en momentos difíciles vividos durante nuestros estudios

Janett Silva y Angel Torrealba

RESUMEN

EFFECTO DEL SILICIO ORGANICO COMO COMPLEMENTO DE LA FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.), HIBRIDO DEKALB 7500 (AMARILLO).

Brs: Janett Silva y Angel Torrealba. 2022. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. UNELLEZ. Guanare.

Con el objetivo de evaluar el **efecto de diferentes combinaciones de silicio orgánico y abonos orgánicos como complemento de la fertilización en el crecimiento y productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L)**, se midieron las variables: Altura de planta, diámetro de tallo, largo y ancho de la penúltima hoja, peso fresco aéreo y de raíz, población de plantas, peso de mazorca y rendimiento estimados de mazorca (jojoto). Se utilizó para este fin, un diseño completamente al azar para 4 tratamientos y 4 repeticiones (parcelas de 5 hileras de 10 m separadas a 0,70 m). Los resultados del análisis de covarianza con modelo de diseño de doble clasificación y medidas repetidas en el tiempo aplicado a las 6 primeras variables y sin medidas repetidas en el caso de población de plantas, peso de mazorca y rendimiento, indicaron efectos significativos de las diferentes combinaciones de silicio con abonos orgánicos, produciendo diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en la morfometría y componentes del rendimiento que favorecieron las combinaciones que contenían Zumsil (Licor) sobre el testigo y en algunos casos, sobre las combinaciones con tierra de Diatomeas (harina de roca silícica orgánica). Solo las variables número de hojas y población de plantas no respondieron a la aplicación de Silicio, probablemente por ser variables genéticamente establecida en el primer caso y ambiental en el segundo. Estos resultados evidencian el efecto positivo de uso del Silicio orgánico en suelos pobres en fertilidad y con limitaciones por exceso de acidez y aluminio intercambiable.

Palabras claves. Abonos orgánicos, Silicio orgánico. Zumsil. Tierra de diatomeas.
Maíz. *Zea mays*.

ABSTRACT

Janett Silva y Angel Torrealba. 2022. EFFECT OF ORGANIC SILICON AS A SUPPLEMENT TO FERTILIZATION ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF CORN (*Zea mays* L.), HYBRID DEKALB 7500 (yellow)

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales, Ezequiel Zamora. UNELLEZ. Guanare.

With the objective of evaluating the effect of different combinations of organic silicon and organic fertilizers as a complement to fertilization on the growth and productivity of the corn crop (*Zea mays* L), the variables were measured: plant height, stem diameter, length and width of the penultimate leaf, aerial and root fresh weight, plant population, ear weight and estimated ear yield (green cob). For this purpose, a completely randomized design was used for 4 treatments and 4 repetitions (plots with 5 rows of 10 m separated at 0.70 m). The results of the analysis of covariance with a double classification design model and repeated measures applied to the first 6 variables and without repeated measures in the case of plant population, ear weight and yield, indicated significant effects of the different combinations of silicon with organic fertilizers, producing highly significant differences ($P < 0.01$) in the morphometry and yield components that favored the combinations containing Zumsil (Liquor) over the control and, in some cases, over the combinations with Diatomaceous earth (rock meal). organic silica). Only the variables Number of leaves and plant population did not respond to the application of Silicon, probably because they are genetically established variables in the first case and environmental variables in the second. These results show the positive effect of using organic Silicon in soils with poor fertility and limitations due to excess acidity and exchangeable aluminum.

Keywords. Organic fertilizers, Organic Silicon. Zumsil. Diatomeous earth.

Corn. *Zea mays*.

INTRODUCCIÓN

Los cereales son los alimentos más importantes y básicos de millones de seres humanos en el mundo y de varias razas de animales, su nombre hace referencia a la diosa Ceres, la deidad Romana de la agricultura. El cultivo de los cereales se ha convertido en la actividad agrícola más importante del mundo; muestra de ello es que el trigo, el maíz y el arroz ocupan los tres primeros lugares como productos para la elaboración de harina de panificación para consumo humano y para fabricar alimentos concentrados, a su vez son productos que mueven grandes cantidades de dinero en el comercio internacional (Intagri 2021)

Actualmente en Venezuela el cultivo de maíz destaca, debido al aumento de su producción, por ser fuente de empleo y alimentos para sus habitantes por lo que es necesario evaluar estrategias agrícolas para mantener o aumentar la producción de dicho rubro para mantener su rentabilidad, cabe destacar que existen una serie de elementos químicos que juegan un papel importante en la nutrición del cultivo del maíz y en general son indispensables para todos los demás cultivos, en esta oportunidad nos hemos planteado a realizar una investigación de tipo experimental basada en el comportamiento del cultivo de maíz con la aplicación del silicio como componente fundamental en el movimiento de nutrientes del suelo como refuerzo en la protección al aportar resistencia mecánica a la pared celular endureciendo los tejidos vegetales, previniendo situaciones, como por ejemplo el encalado de los cereales o la picadura de insectos chupadores en infinidad de cultivos, tal como lo plantea **Segovia, S. (2009)**

Asimismo, tomando en cuenta lo antes acotado como futuros ingenieros agrónomos decidimos sumergirnos en este tema, para estudiar, evaluar y proponer estrategias agrícolas que puedan ser implementadas por los productores de nuestra localidad, con la finalidad de promover la productividad.

OBJETIVOS

General

Evaluar el efecto del silicio orgánico como componente de la fertilización en el crecimiento productividad del cultivo de maíz, Híbrido DEKAL7500 amarillo.

Específicos

- Determinar las características físico-químicas del suelo de la unidad de producción.
- Establecer los requerimientos de fertilización del cultivo en el área de estudio tomando en cuenta las características del suelo y los requerimientos del cultivo.
- Determinar las variables morfométricas del cultivo: Peso fresco de raíz y follaje (g), altura de planta (cm), número de hojas, ancho y largo de la lámina foliar de la penúltima hoja a los 25 y 45 dds. y peso de fresco de la mazorca a los 80dds
- Identificar la combinación de tratamiento más adecuado con silicio orgánico

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, el crecimiento de la población mundial exige la progresiva necesidad de producción de alimentos, incrementándose la producción de diferentes rubros agrícolas y pecuarios, así como el uso de las nuevas tecnologías en los sistemas de producción los cuales dependen en gran medida del recurso suelo. del uso intensivo de este recurso puede llegar a producir la pérdida de sus propiedades químicas, físicas y biológicas lo cual conlleva a la degradación del mismo (Aldaz 2022). En consecuencia, de dicha problemática puede ocurrir una reducción en los rendimientos, aumentar los costos de producción y generar un mayor impacto ambiental. Es por esta razón que debemos enfocar nuestros esfuerzos en recuperar y mejorar las condiciones de los suelos agrícolas, con la finalidad de mantener y mejorar los rendimientos de los cultivos.

Las prácticas de fertilización adecuada en los cultivos juegan un papel importante en el campo agrícola, ya que, en muchos casos el empleo inadecuado, mal uso y abuso en las dosis de los fertilizantes químicos, en lugar de proporcionar mejoras en los sistemas de producción terminan por alterar en forma negativa las propiedades químicas, físicas y biológicas por el contenido de contaminantes de los suelos, afectando su calidad productiva. Diversos autores han manifestado que consideran los problemas de fertilización simplemente bajo la mirada de un aspecto químico simplemente considerando al suelo más como una despensa que como el soporte de la producción que debe ser sostenido a largo plazo (Gros, 1962).

Una de las metodologías utilizadas por los agricultores y técnicos para mejorar y/o mantener las propiedades químicas del suelo se han basado en dos puntos específicos; en primer lugar, se realiza una corrección de acidez del suelo aplicando carbonato de calcio y magnesio, los cuales neutralizan el Ph del suelo hasta valores aceptables para un mejor manejo de los cultivos tal como lo menciona Kass (2007). En segundo lugar, se realiza una fertilización basada en tres macronutrientes (N, P_2O_5 , K_2O) con la aplicación de fertilizantes comerciales que se encuentran en el mercado; lo cual indica

que están dejando de lado la suplementación de otros nutrimentos que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como también para mantener las relaciones básicas entre los elementos y facilitar la movilización de los mismos.

Mantener un cultivo en largos periodos de forma intensivas agota el silicio (Si) que se encuentra disponible en el suelo y puede llegar al agotamiento del mismo. Esto puede ser una limitante en el movimiento y transporte de compuestos silicatados esenciales en el crecimiento y desarrollo adecuado para promover mayores rendimientos de los cultivos. La planta absorbe concentraciones altas de Si y al respecto, algunos autores como Datnoff y Snyder (2006) comentan que el Si es el segundo componente más abundante en la naturaleza con 28% del peso total en el suelo después del oxígeno con

En el mercado se puede encontrar fertilizantes con Si de origen orgánico para mejorar la nutrición de los cultivos y las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo sin causar daños al ecosistema, siendo esta una posible alternativa, que combinada con abonos orgánicos pueden ayudarnos a resolver la problemática de la degradación química de los suelos. Dentro de los productos que están teniendo mayor auge en el mercado se encuentran los silicatos, los cuales según Osorio (2014), Moreno et al. (2011) Pulgarín (2011), Quero (2008) y Matichenkov (2008) pueden mejorar las condiciones químicas del suelo, debido a que el mismo puede actuar como un corrector de los problemas de acidez o bien funcionar como fertilizante, mejorando el estado nutricional de los cultivos al contribuir a liberar nutrientes fijados en el suelo, como los fosfatos o bien por el aporte de silicio que el mismo genera.

Según Osorio (2014) Al aplicar silicatos en el suelo se genera una liberación de ácido ortosilícico (H_4SiO_4), el cual es la única forma de silicio disponible para las plantas; de tal manera que, con la aplicación de estos productos se ha demostrado en diferentes países una mejora en el crecimiento de múltiples cultivos, llegando a representar hasta un 10% de la materia seca total de las plantas, principalmente en gramíneas.

Sin embargo, este tipo de productos silicatados según Furcal y Herrera (2013) no cuentan con suficientes estudios a nivel internacional que permitan conocer los verdaderos beneficios que podrían generar en los suelos tropicales, de allí la necesidad de generar y aumentar la información de dicho tema con miras a diversificar las posibilidades de manejo nutricional de los cultivos (Osorio 2014).

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se puede justificar por qué en la actualidad, el uso de formas y estrategias alternativas diferentes al uso de agroquímicos para manejo de nutrientes sin alterar la dinámica del suelo y así dejar atrás la fertilización convencional que tanto daño ha causado a millones de has en todo el mundo mediante la degradación de los mismos. Así se pretende que en el cultivo de maíz, mediante la aplicación de silicio orgánico, en combinación con otros compuestos orgánicos nutritivos en forma edáfica y foliar, promueva un mejor desarrollo vegetativo y el potencial de rendimiento.

Por esta razón se estudiará, si el uso del silicio orgánico influye en la mejora del crecimiento y la productividad del cultivo de maíz, además del resto de los parámetros (altura de la planta, diámetro del tallo, índice de área foliar, desarrollo radicular a los 25 y 45 días, estimar la productividad mediante el peso fresco a los 80 días y el índice de mazorca).

Labrador, citado por Álvarez *et al.* (2010) enfatiza que el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo requiere integrar prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento del suelo que permitan un manejo adecuado de los nutrientes para evitar su carencia o pérdidas por lixiviación. En plantas de maíz la aplicación de silicio (Si) parece mejorar el crecimiento y rendimiento de los granos cuando las plantas se encuentran bajo sequía, lo cual ha sido atribuido a una mejora de la tasa fotosintética, resultado de una menor transpiración de las plantas. Según Broadley *et al.* (2012), el silicio (Si) es un elemento beneficioso que pueden promover el crecimiento, desarrollo

y mejorar algunas de las características en el cultivo de maíz. Investigadores de distintos países han informado de los efectos beneficiosos que el silicio puede proporcionar en las relaciones planta-ambiente en una gran variedad de cultivos, desde potenciar el crecimiento hasta acciones más complejas, con lo cual se sugiere un uso potencial en la agricultura (Zia-ur-Reheman *et al* 2016). Otros no consideran al silicio como un elemento esencial para las plantas, sin embargo, se ha demostrado que es un elemento beneficioso para los cultivos, es por eso que al incluirse en los programas de fertilización nos encontramos lo siguiente aspectos (Labrador 1996):

- Mayor crecimiento vegetal.
- Plantas más fortalecidas y compactas
- Hojas más fuertes.
- Mayor fotosíntesis y mayor tolerancia a condiciones de baja luminosidad.
- Tolerancia al estrés hídrico y térmico.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes

Como base para la presente investigación se tomaron en consideración, las siguientes investigaciones referentes al tema:

Mora, (2016), realizó un trabajo titulado “efecto de la incorporación de silicato de magnesio en la fertilización mineral del cultivo de maíz (*Zeamays*L.) en finca la vega, san Carlos”, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, con el objetivo de evaluar el efecto de la inclusión de silicato de magnesio en la fertilización mineral del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Los resultados obtenidos, mostraron diferencias no significativas ($p\text{-valor} > 0,05$) para la mayoría de variables evaluadas, excepto para el peso seco de la planta y longitud de la mazorca, en las cuales se presentaron diferencias significativas ($p\text{-valor} < 0,05$) al incorporar silicato de magnesio en la fertilización mineral; no obstante, el efecto observado se atribuye al componente magnesio (MgO), descartando por ende el posible efecto de silicio (SiO₂) sobre las variables evaluadas.

Mientras que el trabajo titulado: “efecto del silicio como complemento edáfico en la productividad de la soca en el cultivo de arroz por inundación” Guayaquil – Ecuador Realizado por Moran. (2021), arrojo los siguientes resultados:

La soca del cultivo de arroz mostro respuesta a la aplicación de la fertilización química más el complemento del Si en dosis de 8kg, reflejando mayor altura de planta mientras que, las variables granos por espiga no fue influenciada por la aplicación del silicio ni edáfico ni foliar ya que no se encontró variabilidad estadística en los tratamientos. En las variables de peso de mil granos los promedios se mantuvieron en rango 25.51g a 27.81g sin que la aplicación de silicio influya en esta variable. El silicio en dosis de 8kg como complemento a la fertilización foliar en la planta de soca reflejo un incremento mínimo en espiga por planta la que influyo al final en el mayor rendimiento del cultivo por ha.

Jiménez 2016, realizó el trabajo de investigación titulado “evaluación de dosis y fuentes de silicio líquido aplicado foliarmente en el cultivo de maíz (*Zeamays* .)”. El trabajo realizó con dos fuentes de silicio (Ácido Monosilísico Siklon 35%) y (Ácido Monosilísico Zumsil 22%) y se estudiaron cuatro dosificaciones de Silicio con 100, 150, 200 y 250 cc/ha cuyas combinaciones resultaron en ocho tratamientos, en comparación con un testigo absoluto. Dicha investigación arrojo como resultados: a) que el factor fuentes de Silicio las variables presentaron alta significancia b) En el factor dosis de fertilizante la mejor dosis fue la de 200 cc/ha, superando estadísticamente a las demás dosis en todas las variables estudiadas, c) En el rendimiento el Ácido Monosilísico Zumsil 22% con una dosis de 200 cc/ha presentó el valor más alto de esta variable, d) En el análisis económico de presupuestos parciales la mejor Tasa de Retorno Marginal la presentó el tratamiento ocho (Ácido Monosilísico Zumsil 22%, 200 cc/ha), con \$ 9,91 por cada dólar invertido.

Zambrano y Lopez(2020) estudiaron el efecto del silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zeamays L*) amarillo, evaluando 3 tipos de bioestimulantes (extracto de algas, fitohormonas, ácido húmico) en combinación con diferentes dosis de silicio (5 mL L⁻¹ (1 L ha⁻¹), 10 mL L⁻¹ (2 L ha⁻¹), 15 mL L⁻¹ (3 L ha⁻¹)) así como un testigo absoluto y un testigo con silicio. Los resultados en esta investigación determinaron que el rendimiento del maíz amarillo duro, no fue significativamente influenciada ($p > 0.05$) por los tratamientos evaluados. El análisis de contraste ortogonal realizado entre tratamientos vs el testigo fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$). Por otro lado, el contraste ortogonal realizado entre los bioestimulantes vs el silicio no mostro diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), lo

cual indica que tanto el silicio como los demás bioestimulantes pueden ser utilizados de manera aislada y producirían los mismos efectos sobre el rendimiento; concluyendo que:

- Los bioestimulantes y el silicio no influyeron en el crecimiento del maíz amarillo duro.
- Los bioestimulantes fueron eficaces para incrementar el rendimiento del maíz amarillo duro, independientemente de los productos, dosis y la combinación con silicio.
- En base a los resultados la dosis de 1 L ha⁻¹ de cualquier bioestimulante puede ser suficiente para promover un mayor rendimiento en maíz amarillo duro.

Conforme a trabajos realizados, los beneficios del silicio al incluirse en programas de fertilización son: mayor crecimiento vegetal, plantas más fortalecidas y compactas, hojas más fuertes, mayor fotosíntesis, mayor tolerancia a condiciones de baja luminosidad, y tolerancia a estrés hídrico y térmico. Otros efectos benéficos comprobados del silicio son la reducción de pérdida de agua cuticular por la acumulación de silicio en la epidermis, en pruebas realizadas sobre cultivos de “arroz y trigo”. Otros autores reportan que con un adecuado suministro de silicio en cereales se obtiene mayor resistencia al acame. Finalmente se considera que el silicio aumenta la tolerancia de las plantas a toxicidades por manganeso (Mn). Marschner.....sugiere que el silicio genera una distribución más uniforme del Mn dentro de la hoja, de los vasos a los tejidos que los rodean (síntomas característicos de toxicidad por Mn son: acumulación de manchas pardas rodeadas por zonas cloróticas y necróticas). Intagri 2014.

Furcal 2012 expresó que la consecuencia que tiene el silicio en la fertilidad es el objetivo de dar efecto al suelo y combatir el crecimiento de las plagas y enfermedades, junto a la producción y la calidad molinera (p. 15-14), Mientras que García (2019) afirmó que, “Una buena absorción de Silicio protege las plantas contra la infección de hongos e insectos, y una buena capa cuticular de Silicio sirve como barrera contra hongos, insectos y ácaros, mantiene las hojas erectas y, por tanto, promueve una mejor fotosíntesis en los distintos doseles de la hoja y, en consecuencia, mejora los rendimientos y producción”.

Un aumento de la absorción de Silicio disminuye las pérdidas por transpiración. Ya que forma una capa doble de (Si) debajo de la cutícula y encima de las células epidérmicas.

Dicha capa de (Si) limita la pérdida de agua por las hojas y dificulta la penetración y desarrollo de las hifas de los hongos. Un aumento de la absorción de Silicio fortalece el poder oxidante de las raíces del arroz y disminuye una excesiva absorción de Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn). (Ramírez, *et al.*, 2017).

El silicio se coloca en varias maneras en paredes celulares, las cuales contribuyen con las propiedades mecánicas de la pared, debido a su rigidez y la elasticidad que poseen. Varias especies amontonan agrupaciones significativas de silicio en los tejidos y benefician el crecimiento y su polinización cuando se les provee sumas y aumentos proporcionados de silicio. En el cultivo de arroz, no solo se provee en la pared celular de la epidermis, como sucede en las células buliformes y en el xilema (Horna, 2007)

El silicio además promueve una mayor formación de órganos reproductivos; la aplicación vía foliar de silicio soluble comúnmente se realiza aplicando silicato de potasio (K_2SiO_3). Las dosis sugeridas por varios trabajos de investigación son del orden de 40 a 59 mg/L de Si. Es importante considerar este dato para no limitar la absorción de otros macronutrientes o disminuir el rendimiento del cultivo. Muchos autores no descartan la posibilidad que el silicio da mayor resistencia a los tejidos vegetales ante el ataque de plagas y enfermedades. Investigaciones sólidas consideran que el silicio provee: mayor resistencia al maíz contra el taladrador europeo *Ostrinia nubilalis*, prevención contra el ataque de Sigatoka en banano causada por *Mycosphaerella fijiensis*, en fresa y cucurbitáceas se reporta mayor resistencia al ataque de oídio causado por Powdery Mildew. La planta absorbe por la raíz o vía foliar silicio que es llevado hasta las células epidérmicas externas y está presente en forma de silicio amorfo o fotolitos opalinos con forma tridimensional definida. Por otro lado, al ácido monosilícico se le relaciona con algunos precursores de la síntesis de lignina, para la formación de algunos complejos poliméricos de silicio disminuyendo la concentración de compuestos fenólicos (Intagri 2021).

Los beneficios de la mayor concentración de silicio en el suelo y suministrar al suelo minerales ricos en silicio a través de los procesos de fertilización, permiten una solución económica y rentable para la producción agrícola, destacando lo siguiente:

1. El silicio incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas;
 - a. Arroz (15-100%)
 - b. Maíz (15-35%)
 - c. Trigo (10-30%)
 - d. Cebada (10-40%)
 - e. Caña de Azúcar (55-150%)
 - f. Aguacate, Mango, (40-70 %)
 - g. Zarzamora, Guayaba, hortalizas, Jitomate, Chile (50-150%) y otros, como el

Fríjol.(Intagri, 2021)

El silicio es un elemento que no es considerado como esencial para el desarrollo de los cultivos; no obstante, en diversas partes del mundo existen reportes del efecto benéfico que el mismo ha tenido al ser incorporado en la fertilización mineral de diversos cultivos tales como el trigo, arroz, cebada, caña de azúcar, frijol, maíz y pepino, los cuales pueden extraer en promedio de 50 kilogramos a 200 kilogramos por hectárea de silicio y la concentración de este elemento en las plantas varía según la especie vegetal y por lo tanto la extracción del mismo será distinta entre los diferentes cultivos, tal y como indica Quero (2009) y Epstein (1994). Mientras que Miyake y Takahashi (2001) categorizan las plantas en sus investigaciones según la concentración de silicio en sus estructuras vegetales, de la siguiente manera:

- Plantas acumuladoras: plantas con contenidos de silicio mayor al 1% y que muestran relación de Si/Ca mayor a uno.
- Plantas intermedias: plantas con contenidos de silicio de 0,5 a 1%, pero con una relación de Si/Ca menor a uno.
- Plantas no acumuladoras: plantas con contenidos menores a 0,5% de silicio en sus tejidos.

Raya y Aguirre (2012) mencionan que las plantas pueden crecer en ausencia de este elemento; no obstante, el mismo menciona que en aquellos cultivos en donde existen una presencia adecuada del mismo las plantas serán más vigorosas, con mejor crecimiento vegetativo y con mayor resistencia ante factores bióticos y abióticos.

El cultivo de maíz según (Intagri, 2021) es una de las plantas que posee mayor absorción de ácido ortosilícico (H_4SiO_4), esto debido a que diversos estudios han logrado correlacionar el incremento del rendimiento del maíz con la aplicación de fertilizantes silicatados, en donde se ha demostrado extracciones aproximadas de 200 kilogramos a 350 kilogramos por hectárea de silicio, por parte del cultivo de maíz.

Por ejemplo, (Intagri, 2021) a través de sus estudios logro demostrar que la aplicación de fertilizantes silicatados influye positivamente en los rendimientos del cultivo, obteniendo diferencias significativas en aquellos tratamientos con mayor dosis de fertilizante, alcanzando como máximo rendimiento valores cercanos a 50 toneladas por hectárea de maíz para forraje, con una dosis de 400 kilogramos por hectárea de fertilizantes a base de silicio.

De tal manera, se ha demostrado que existe una correlación positiva entre el aumento de la dosis de fertilizantes silicatados y el rendimiento del cultivo de maíz, obteniendo aumentos en la producción que van desde un 10%, hasta un 40% más en las cosechas del cultivo, lo cual permite aumentar la producción total en la misma área de cultivo (Quero 2008).

Por otra parte, Azcón y Talón (2013) mencionan que, para el cultivo de maíz, este elemento puede llegar a representar en promedio hasta un 2% de la materia seca del mismo; el silicio puede llegar a representar hasta un 5% del peso seco del cultivo de maíz concentrado específicamente en las hojas del cultivo. **Quero (2015)** indica que la estructura con mayor demanda de dicho nutriente en el cultivo de maíz corresponde al tejido foliar, seguido del tallo, el raquis y finalmente la semilla, la cual posee una menor demanda y/o acumulación de silicio.

(SEPHU, 2009) interpreta que el silicio, posee varias ocupaciones aparentemente justificadas en el aumento de las plantas: Una buena impregnación de Silicio adopta a las plantas contra la contaminación de hongos e insectos, y una buena capa cuticular de silicio sirve como muro contra hongos, insectos y ácaros.

El suelo condiciona un tratamiento a base de silicio, el cual es un químico activo que repone la degradación y perfecciona la fecundidad del suelo, por medio de mejorar sus feudos físicos y químicos, al conservar los nutrientes en forma disponible para la planta y mejorar la capacidad de intercambio catiónico, sobre todo en pH mayor a 7,0 (Hernández, 2002).

Osorio, (2014). Indicó que los minerales silicatados presentes en el suelo poseen alta estabilidad química caracterizándolos como estructuras muy insolubles; no obstante, los mismos sufren procesos de meteorización a través de los cuales se presenta una lenta liberación de los diferentes compuestos que los constituyen. Además, también menciona que los silicatos sufren dicho proceso de meteorización principalmente a través de un proceso químico llamado hidrólisis, en donde dicho mineral reacciona de manera lenta con iones de H^+ y OH^- , los cuales a través de distintas reacciones químicas generan la liberación de las distintas formas de silicio soluble en la solución del suelo. Una de las formas libre de silicio presente en la solución del suelo está representado por el ácido monosilícico, el cual según Synder, Matichenko y Datnoff (2006), se puede encontrar en dos formas distintas, correspondientes al ácido metasilícico (H_2SiO_3) y el ácido ortosilícico (H_4SiO_4), siendo este último la forma más abundante del silicio en la solución del suelo (Osorio. 2014).

Álvarez y Osorio (2014) mencionan que una vez que ocurre la disociación de los silicatos, el ácido ortosilícico (H_4SiO_4) toma un comportamiento dinámico en la solución del suelo, debido a que el mismo se puede reorganizar en minerales secundarios o por el contrario, ser absorbido como nutriente por parte de las raíces de los cultivos.

Matichenkov (2008) y Synder, Matichenkov y Datnoff (2006), también mencionan que este compuesto posee una alta reactividad química debido a que el mismo puede reaccionar fácilmente con cationes presentes en la solución del suelo, principalmente con elementos como el aluminio, hierro y magnesio, o bien con metales pesados como cadmio, plomo y zinc.

Además de la forma ya descrita con anterioridad, Matichenkov (2008) expone la presencia de otra forma de silicio en el suelo correspondiente al ácido polisilícico, el cual posee una dinámica distinta debido a que el mismo actúa sobre la parte física al mejorar la estructura del mismo, generando mayor número de sitios de unión para los cationes y permitiendo a su vez mayor retención del agua.

De tal manera (Intagri, 2021) indica que, al incorporar silicato de magnesio en suelos con problemas de acidez, lo que ocurre es una disociación del compuesto, liberando con ello el ácido ortosilícico (H_4SiO_4) el cual corrige la acidez como se explicó con anterioridad y a su vez aumenta la concentración de iones de magnesio (Mg^{2+}) en la solución del suelo, el cual puede ser tomado por parte de los cultivos para realizar diversas funciones metabólicas.

El mecanismo de acción del Si es que este se deposita de forma amorfa directamente en las paredes celulares, ya que contribuye con las propiedades mecánicas de la pared como son la rigidez y la elasticidad. Mientras que, en las gramíneas, no se deposita solamente en la pared celular de la epidermis, sino también en el interior (**Zambrano y Lopez. 2020**)

Ramos (2014) afirmó que el ZumSill: Es un fertilizante orgánico a base de Silicio, que se obtiene de la harina de Roca Marina y extracto de algas Marinas con mineralización de los restos orgánicos de animales y plantas incluyendo. Su aplicación en siembras aumenta considerablemente las propiedades nutritivas y minerales de suelos degradados al aportar grandes cantidades adecuadas de Silicio que contribuyen al equilibrio de las propiedades químicas del suelo y el desbloqueo de Macro y micronutrientes, elevando la actividad microbiana necesaria para una mejor producción y protección del cultivo y entre sus cualidades podemos destacar:

- Refuerza resistencia de las plantas contra factores bióticos y abióticos
- Incrementa masa radicular entre 50 y 200%
- El Si endurece los tejidos protegiendo la planta del ataque de plagas y enfermedades.
- Reduce lixiviación de N, P y K.

- Desbloquea el P a una forma accesible
- Induce resistencia estimulada a la actividad de Quitinasa, PeroxidasayPolyfenoxidasas, después de la infección fúngica
- Refuerza resistencia de plantas a salinidad y aguachinamiento y efectos de metales pesados
- Optimiza propiedades físico-químicas del suelo.
- Coadyuvante en la regeneración de suelos degradados.

Características del producto:

- Tipo de producto: Fertilizante.
- Nombre del producto: ZumSil
- Ingrediente activo: Silicio Orgánico.

De acuerdo a Guzmán (2017) el maíz taxonómicamente se encuentra clasificado como se evidencia en la tabla expuesta a continuación:

Tabla 2.1. Taxonomía del Maíz

TAXONOMÍA	NOMBRE
Reino	Vegetal
División	Espermatofitas o fanerógamas
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Monocotiledoneae
Subclase	Glumiflorae
Orden	Poales
Familia	Poaceas o Gramíneas
Tribu	Maydeae
Género	Zea
Especie	Zea mays L.

Fuente: Guzmán 2017.

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta.

En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.(Dfininova, s.f.)

Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afiladas y cortantes. (Dfininova, s.f.)

El cultivo de maíz pasa por varias fases de desarrollo, en los que sufre cambios morfológicos y fisiológicos, al respecto, **Leos (2013)** menciona las siguientes fases:

- Germinación
- Emergencia
- Desarrollo vegetativo juvenil
- Prefloración
- Floración
- Llenado de granos.

El tiempo de todo el proceso fenológico dependerá de la variedad, de la época de siembra y del manejo que se le dé a la planta. Resulta importante conocer la fenología del maíz ya que permite realizar un método de control efectivo contra las plagas (**Leos, 2013**)

MATERIALES Y METODOS

1.- Área de estudio:

El ensayo se realizará en la zona productora del cultivo del sector Papelón, municipio Guanare de en el Estado Portuguesa, entre Agosto y Noviembre de 2022.

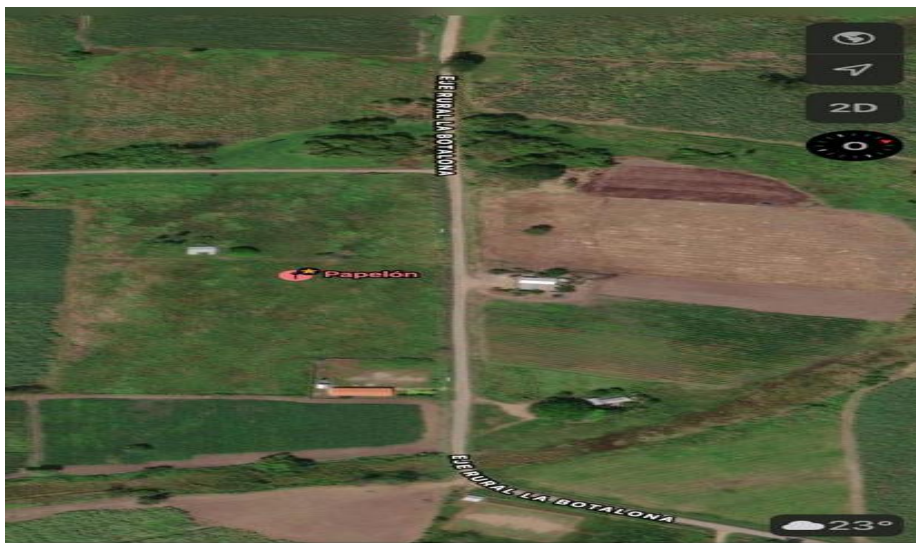


Figura 1. Ubicación geográfica. Fuente: Google Maps, 2022.

1. Tipo de investigación:

El ensayo se clasificó como una investigación de campo de tipo experimental con enfoque cuantitativo y de nivel explicativo (Párraga 2007). Para esto se utilizó un diseño de bloques al azar (DBA) para 4 tratamientos y 4 Repeticiones, para un total de veinte parcelas (20). La unidad experimental constó de 5 hileras de 10 m de cultivo separadas a 0,7 m y un área total de 35 m².

2. Materiales, Insumos y Equipos

1.1 Materiales: Asperjadora de espalda, tractor, rastra, cintas métricas, balanzas, libretas, lápices, reglas, envases de 2,5 l, vaso graduado,

16.2 Insumos: Fertilizantes triple 15, urea, Zunsil, Humus líquido, Ecoactiva 13, Tierra de Diatomeas, Terra fósil, Estacas, cordón de plástico y Semilla de Híbrido DEKALB 7500 amarillo.

16.3 Equipos: Tractor, rastra, sembradora, Asperjadora de espalda

3. Etapa de crecimiento del cultivo

Los productos fueron administrados a los 15 dds (Aplicación edáfica), 25 días (V5) y 35 Días (R5) del ciclo de las plantas.

4. Características Agro-ecológicas Consideradas:

4.1. Tipo de suelo y Características físicas y químicas

4.2. Precipitación:

4.3. Humedad relativa:

4.4. Temperatura:

4.5.

5. **Condición del Campo:** Preparación convencional para siembra comercial del cultivo.

6. **Productos y Dosis empleada:** Las dosis o volúmenes de aplicación de cada producto fueron de acuerdo al siguiente cuadro de tratamientos

Cuadro 1. Tratamientos.

Tratamiento	Producto	Ingrediente activo	Dosis lt/ha
T1	ZumSil + Humus líquido + fertilizante foliar (Eco-activa)+Terra fossil (Insecticida)	Silicio Orgánico + fertilizante orgánico + insecticida orgánico	2,0 lt/Ha + 2 l/Ha +2 l/Ha + 2 kg/Ha
T2	Tierra Diatomea+ Humus líquido+terrafossil+Fertilizante foliar	Silicio Orgánico + fertilizante + insecticida orgánico	2,0 kg/Ha + 2 l/Ha +2 kg/Ha + 2 l/Ha
T3	ZumSil + Humus liquido	Silicio Orgánico, Macro y micro-elementos esenciales y fertilizante orgánico	2lt + 2,0 l/Ha
T4	Testigo absoluto		

Nota: a todos los tratamientos se aplicó fertilización con 300 kg (200 kg de 15-15-15 + 100 kg de urea

7. Distribución de Campo

T4	T3	T1	T2	B4
T2	T1	T3	T4	B3
T3	T2	T4	T1	B2
T1	T3	T2	T4(testigo)	B1

Figura 2. Distribución de campo

8. Características de los productos:

- **ZUMSIL:** es un fertilizante foliar originado a partir de licor de harina de roca de Diatomeas (Algas marinas fosilizadas), con Silicio Orgánico, Macro y microelementos esenciales.
- **TIERRA DIATOMEA:** es una Harina de roca de diatomea con Silicio orgánico como ingrediente principal.
- **Humus líquido.** Fertilizante líquido obtenido a partir de humus de lombriz roja Californiana y equilibrado químicamente con regulador de pH.
- **Eco-activa13.** Licor de rocas minerales de los humedales de la zona de Guayana.
- **TERRA FOSSIL.** Harina de piedra de diatomeas con extracto de flores de Crisantemos como aporte de piretrinas para resistencia a insectos.

Preparación:

Se utilizó 30cc pre-diluidos en 1/2 l de agua por 12 horas y luego agregados los restantes productos a razón de 30cc o 30 gr a la mezcla y se completó la mezcla a 2,5 litros de agua por para las 4 parcelas de cada tratamiento

9. Modo de aplicación: Se realizó la aplicación en forma de aspersión al suelo en su primera ocasión (15dds) y luego foliar en dos oportunidades (25 y 35 dds) con una Asperjadora de espaldade 20 Lts, destinada exclusivamente para los fines de la experimentación.

10. Época de evaluación:

Crecimiento: Se realizaron (3) evaluaciones: 25, 45, 80 días después de sembrado (dds) el cultivo

Componentes del rendimiento: Se realizó la evaluación a los 80 días después de sembrado el cultivo

11. Variables Medidas:

Altura en cm de 3 plantas por dos hilos efectivos, desde el suelo hasta la lígula de la hoja bandera, medida a los 25, 45 y 80dds.

Número de hojas fotosintéticamente activas contadas en las tres plantas seleccionadas a los 25, 45 y 80dds

Diámetro de tallo en cm a 5 cm del suelo a los 25, 45 y 80dds, en las tres plantas seleccionadas en dos hileras centrales

Peso fresco de raíz (g) en tres plantas al azar de la hilera central usada para este fin a los 25 y 45 días.

Peso fresco de Tallo + follaje (g) en tres plantas al azar de la hilera central usada para este fin a los 25 y 45 días.

Longitud y Ancho medio en cm de la lámina inmediata inferior a la hoja bandera en tres plantas promedio en los hilos centrales a los 25, 45 y 75dds.

Perímetro y longitud de mazorca (sin brácteas) en cm, medida en 10 mazorcas al azar en cada tratamiento en los dos hilos centrales.

Población de plantas efectivas / ml en las dos hileras centrales

Rendimiento (peso fresco) estimado a partir de Jojotos en los dos hilos centrales del área útil por parcela.

12. Manejo del cultivo:

12.1. Preparación de suelos: 2 pases de rastra para tumbar y cortar la maleza abundante, dos pases cruzados con rastra abierta para corte profundo y enterrar la maleza y un pase de siembra

12.2. Siembra con una sembradora Jumil de 4 hileras con la primera fertilización con 100 kg de 15-15-15 y 50 de urea

12.3. Segunda fertilización manual a los 25 dds.

12.4. Control de malezas: el primer control con Limpiamaíz (postemergencia) con 3 kg y 1 envase de germitox por Ha y una segunda desmalezado manual con mchete en brotes localizados.

12.5. Control de plagas con 300 ml de MATCH en 200 lt de agua/Ha

13. Análisis estadístico:

Los resultados obtenidos fueron procesados según el diseño experimental mediante un análisis de varianza de dos vías de clasificación con medidas repetidas en el tiempo y comparaciones de medias de TUKEY con el software SPSS ver.26.0, previa verificación del cumplimiento de los supuestos del ANOVA (Normalidad de los errores, Homogeneidad de varianzas de los errores) y obtener coeficientes de variación aceptables, tal como lo recomienda **Chacin. 2000**.

1. Modelo de diseño de bloques al azar con medidas repetidas en el tiempo

$$X_{IJK} = \mu + \tau_I + \beta_J + \rho_K + (\tau\beta)_{IJ} + \delta_{(I)k} + \varepsilon_{IJK}$$

Donde:

X_{ijk} : Observación cualquiera de producción de una variable respuesta.

μ : Efecto de la media general

τ_i : Efecto de tratamiento

β_j : Efecto de Bloque

ρ_k =Efecto de Bloques

$(\tau\rho)_{ij}$: Efecto de interacción Tratamiento*Período

$\delta_{i(k)}$: Error intrasujeto

ε_{ijk} : Error experimental

14. Prueba de medias de TUKEY al 5%, para la comparación de los promedios por tratamiento.

15. Pruebas de Shapiro y Wilk y de Levene para verificar el cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza.

RESULTADOS Y DISCUSION

La descripción de las características de suelo (Anexo 1), según análisis de laboratorio, muestran que se trabajó sobre un suelo arenoso (75%) con muy poca fertilidad, severas limitaciones de pH (4,84) y aluminio intercambiable alto y niveles de Silicio muy bajos, lo que representa severas limitaciones para el desarrollo adecuado de plantas de maíz (Kass 2007 y Osorio 2017), lo que significa que las aplicaciones de silicio (Datnof 2006) en combinación con abonos orgánicos de forma edáfica y foliar deben contribuir de alguna manera a disminuir las limitantes causadas por estas características según las afirmaciones de Ramos (2014). Sin embargo, la escasa información científica al respecto (Furcal y Herrera 2013), causa incertidumbre para la recomendación específica. Por otro lado, SERAGRO (2022), recomienda en estos casos, encalados previos con 500 kg/Ha de cal agrícola, antes de la siembra de cualquier cultivo.

Las recomendaciones de SERAGRO 2022. Para cumplir con los requerimientos del cultivo Maíz (anexo 2), pasan por la aplicación de: 0.5 toneladas de cal agrícola para el control del pH, 189 kg/Ha de N, 82 kg/Ha de P₂O₅ y 145 kg/Ha de K₂O para completar con los requerimientos de 200, 100 y 220 kg/Ha de n-p-k en el cultivo del maíz. Sin embargo, por ser un cultivo de maíz veranero, solo se aplicaron 200kg de triple 15 mezclados con 100 kg/Ha de urea fraccionados en dos aplicaciones y un complemento foliar con urea diluido.....n toda el área de cultivo, incluyendo el ensayo, es decir que no se completaron las recomendaciones realizadas, lo que aunado a la dificultad de asimilación de estos nutrientes por el exceso de aluminio, se esperaba un efecto negativo sobre los rendimientos finales del cultivo, tal como lo expresa Ramos (2014)

El análisis estadístico preliminar de las mediciones de: Altura de planta (cm), Diámetro de tallo (cm), Número de hojas y largo y ancho medio de la penúltima hoja en los diferentes tratamientos (cuadro 1), mostró alturas que variaron entre 9,1 cm en la primera fecha y 142,5 cm a los 80 días, Diámetros entre 8,3 y 19,2 mm, entre 7 y 10 hojas

fotosintéticamente activas, entre 3,3 y 7, 5 mm de diámetro medio y entre 33,9 y 63,9 cm de largo de la penúltima lámina foliar, con los valores más bajos, siempre en el testigo, lo que probablemente es debido a la adición de silicio (Osorio 2017) para cada parámetro y período. Por otro lado, las variaciones se presentaron con algunos excesos y presencia de valores atípicos (Figuras 3 y 4) que pueden ser minimizados al considerar el efecto de bloques, lo que significa que debe aplicarse un modelo estadístico adecuado para la validación de estas posibles diferencias entre tratamientos.

Cuadro 1. Valores promedio combinado de tres mediciones y su desviación, de las variables morfométricas

TRAT	PERÍODO	ESTADÍSTICO	ALTURA (CM)	DT (MM)	NH	ANCHO (CM)	LARGO (CM)
T1	1	Prom. \pm DE	10,9 \pm 3	10,6 \pm 3	7,7 \pm 1	3,7 \pm 1	35,4 \pm 6
	2	Prom. \pm DE	60,3 \pm 23	18,7 \pm 4	9,6 \pm 1	7,3 \pm 1	62,9 \pm 8
	3	Prom. \pm DE	142,5 \pm 20	18,3 \pm 4	9,7 \pm 1		
T2	1	Prom. \pm DE	9,9 \pm 2,5	9,0 \pm 2	7,2 \pm 1	3,6 \pm 1	37,4 \pm 7
	2	Prom. \pm DE	60,6 \pm 14	19,2 \pm 3	10,0 \pm 2	7,5 \pm 1	61,9 \pm 7
	3	Prom. \pm DE	142,5 \pm 21	18,5 \pm 2	9,6 \pm 1		
T3	1	Prom. \pm DE	11,0 \pm 2	10,6 \pm 2	7,8 \pm 1	3,6 \pm 1	37,1 \pm 6
	2	Prom. \pm DE	60,3 \pm 20	17,6 \pm 3	9,6 \pm 1	7,2 \pm 1	63,9 \pm 8
	3	Prom. \pm DE	138,0 \pm 20	17,5 \pm 3	9,4 \pm 1		
T4	1	Prom. \pm DE	9,1 \pm 2	8,3 \pm 1,5	7,2 \pm 1	3,3 \pm 1	33,9 \pm 6
	2	Prom. \pm DE	44,9 \pm 9	16,2 \pm 3	10,0 \pm 1	5,7 \pm 1	56,9 \pm 8
	3	Prom. \pm DE	135,9 \pm 16	16,1 \pm 3	9,1 \pm 1		

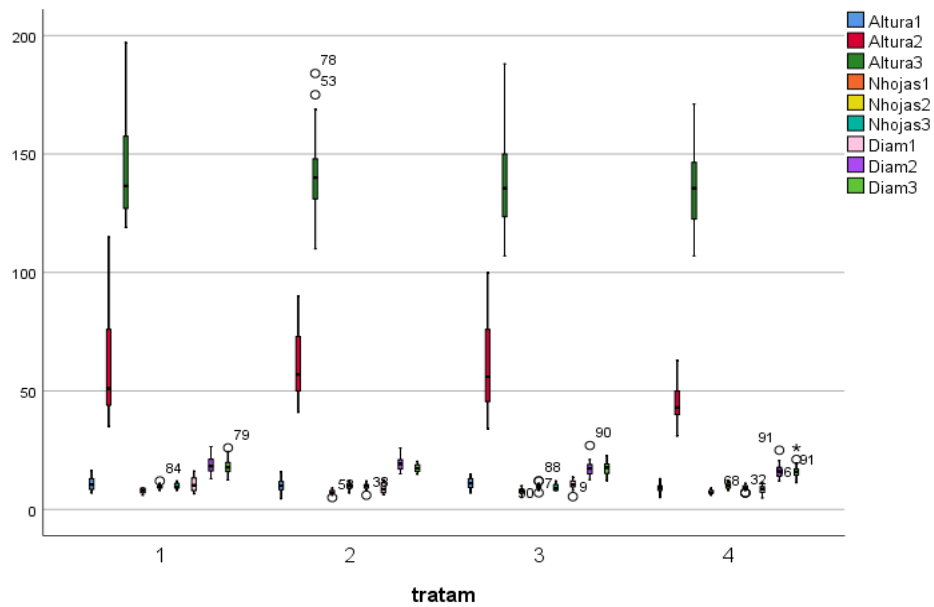


Figura 1. Tendencias y variaciones de variables morfométricas

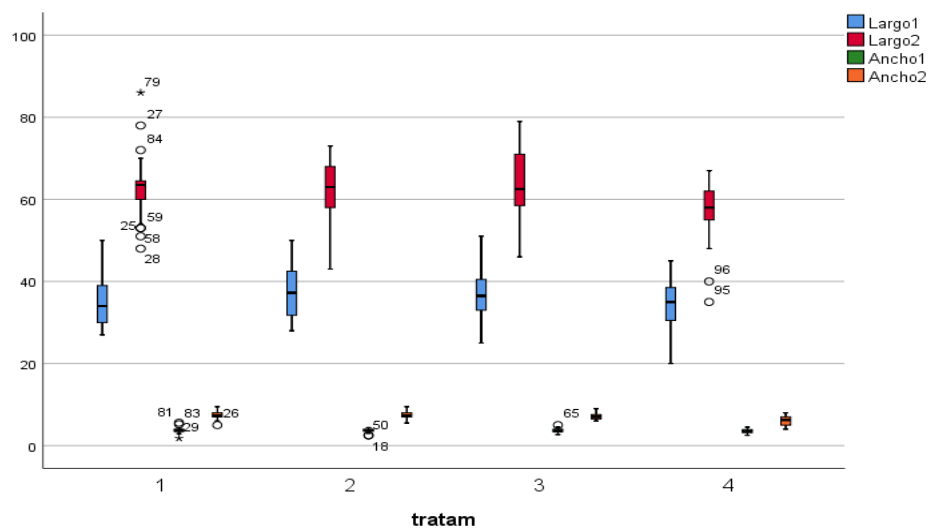


Figura 2. Tendencias y variaciones de variables foliares

ALTURA DE PLANTA, DIÁMETRO DE TALLO, NÚMERO DE HOJAS, ANCHO Y LARGO DE HOJAS

La aplicación del modelo de ANOVA con medidas repetidas en el tiempo (cuadro 2) señaló diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos, para 4 variables (con la excepción del número de hojas), indicando con esto, que hay un efecto de tratamientos sobre las variables de crecimiento y al respecto, el cuadro 3, muestra

mayores promedios en los tres tipos de combinación de abonos orgánicos con Silicio en comparación al testigo con solo fertilización convencional, lo que confirma la apreciación inicial y nos permite inferir que la aplicación de silicio combinado con abonos orgánicos promueve una mayor altura, diámetro de tallo, largo y ancho medio de hoja aunque mantiene un número similar de hojas. Estos resultados, probablemente son debidos a que al incrementarse el largo y ancho de hojas (Figura 5), proyectan un mayor índice de área foliar, lo que favorece el movimiento adecuado de nutrientes y productos, que producen plantas más altas y de mayor diámetro (Figura 6).

El efecto interacción (tratamiento* medición), indicó un efecto altamente significativo ($P < 0,01$) sobre todos los parámetros, con la excepción del largo de hoja y al respecto, la figuras 7 y 8 muestran que las mayores diferencias en altura y diámetro de tallo con referencia al testigo, ocurren en el segundo período (período de mayor crecimiento), probablemente debido a que al inicio solo había una sola aplicación de silicio y al final se detiene el crecimiento y se inicia la floración, aunque persisten las diferencias acumuladas.

Cuando se consideró el efecto de interacción en ancho y largo de hojas, se detectó efecto altamente significativo ($P < 0,01$) de la interacción tratamiento*medición sobre el ancho medio de hojas, por lo que podemos observar en la figura 9, que las hojas incrementaron el ancho a partir de la segunda fecha de evaluación, mientras que la figura 10 señaló las mismas tendencias superiores de los tratamientos sobre el testigo, independientemente del período. Estos resultados señalaron que las aplicaciones de Silicio en combinación con abonos orgánicos, incrementaron el área foliar y probablemente esto incidió en un mayor crecimiento de las plantas en diámetro y altura

Cuadro 2. Análisis de la varianza (ANOVA) y significación, aplicado a las variables morfológicas a los 20, 40 y 80 (períodos).

FUENTE DE VARIACIÓN	ALTURA (CM)	DT (MM)	NH	ANCHO (CM)	LARGO (CM)
Bloque	42,20**	21,1**	14,9**	1,70ns	1,07ns
Tratamiento	8,56**	9,80**	0,68ns	9,90**	4,40**
Período	7.153,0**	7,94**	2,33*	9,00**	7,59**
Interacción T*Período	5,89** ¹	4,38** ¹	4,04* ¹	4,55**	1,28ns
CV%	15,9	18,09	13,4	14,1	16,3

Nota: 1; Efecto cuadrático

Nota: ns; no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). *; hay diferencias significativas ($P < 0,05$) y **; hay diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

Cuadro 3. Valores promedio de variables morfológicas y comparación según prueba de TUKEY.

TRATAMIENTO	ESTADÍSTICO	ALTURA (CM)	DT (MM)	NH	ANCHO (CM)	LARGO (CM)
T1	Prom. \pm D	71,2 a	15,9 a	9,0 a	5,54 a	49,2 a
T2	Prom. \pm D	71,0 a	15,2 a	8,9 a	5,53 a	49,7 a
T3	Prom. \pm D	69,7 a	15,2 a	8,9 a	5,41 a	50,5 a
T4	Prom. \pm D	63,3 b	13,5 b	8,7 a	4,83 b	45,5 b

Nota: Letras distintas en una columna, indican promedios diferentes

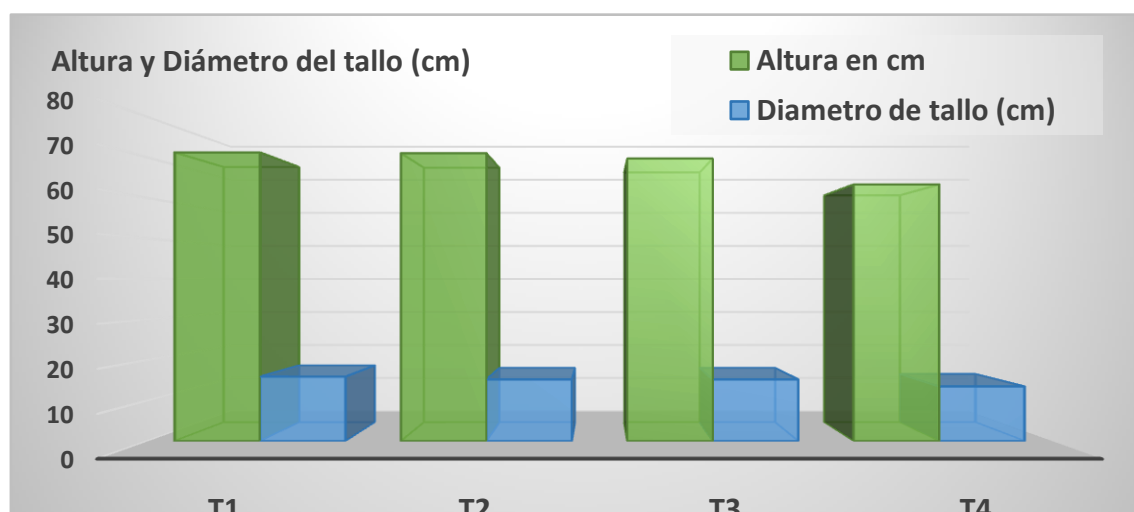


Figura 5. Comparación de medias combinadas (todos los períodos) de altura de planta y Diámetro de tallo a 5 cm del suelo

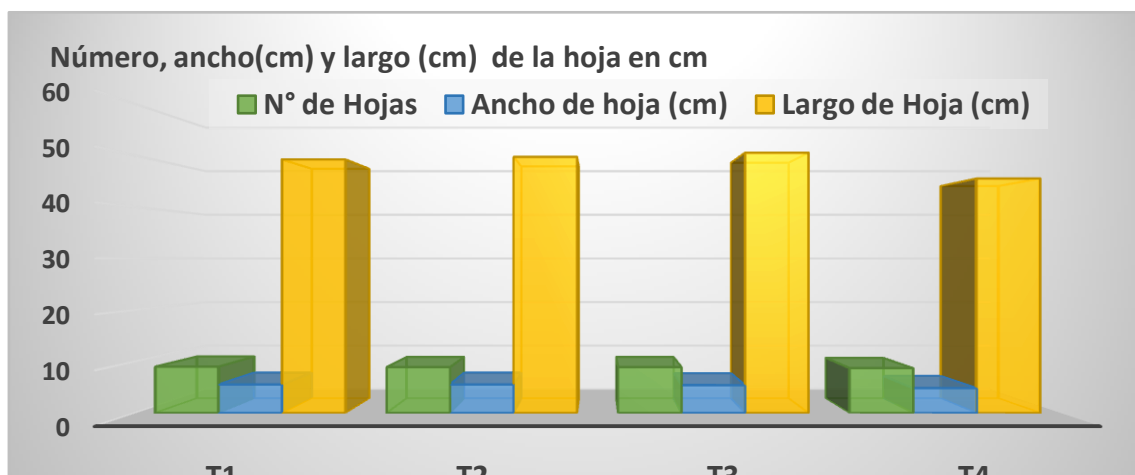


Figura 6. Comparación de medias (períodos combinados) de Número de hojas, Ancho y Largo de hoja (cm)

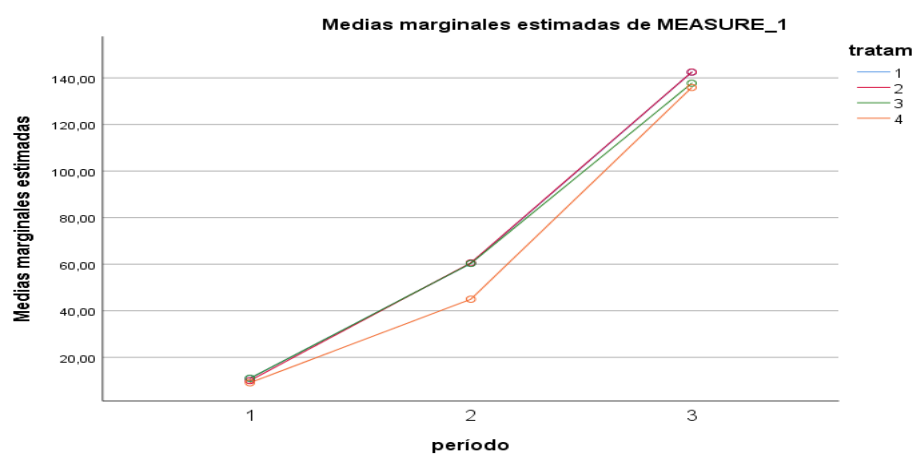


Figura 7 Efecto de la Interacción tratamiento*período sobre la altura de plantas por tratamientos

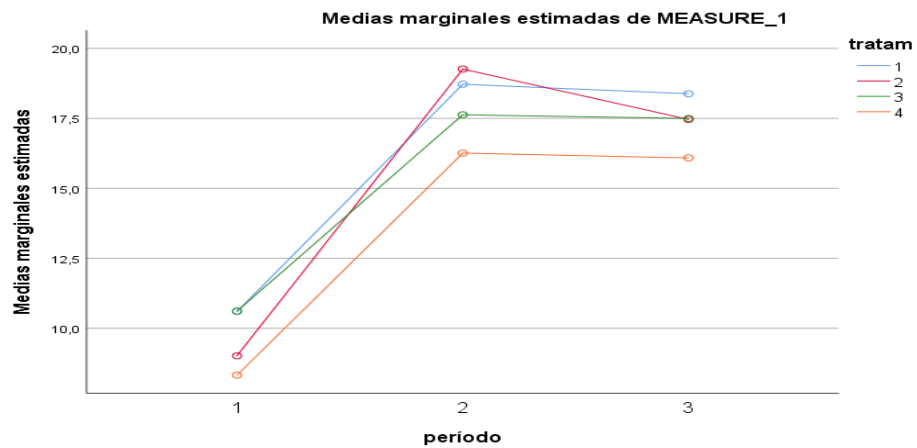


Figura 8. Efecto de la interacción tratamiento*período sobre el Diámetro del tallo de plantas de Maíz.

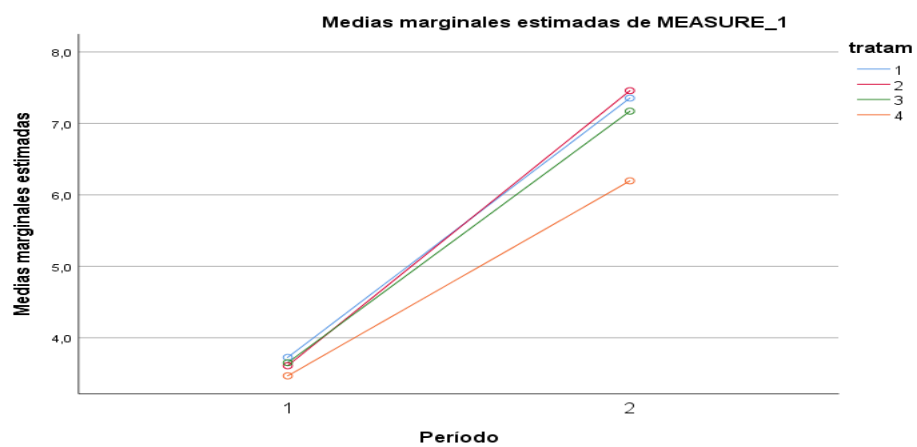


Figura 9. Efecto de la interacción tratamiento*período sobre Ancho de la hoja antes de bandera en plantas de Maíz.

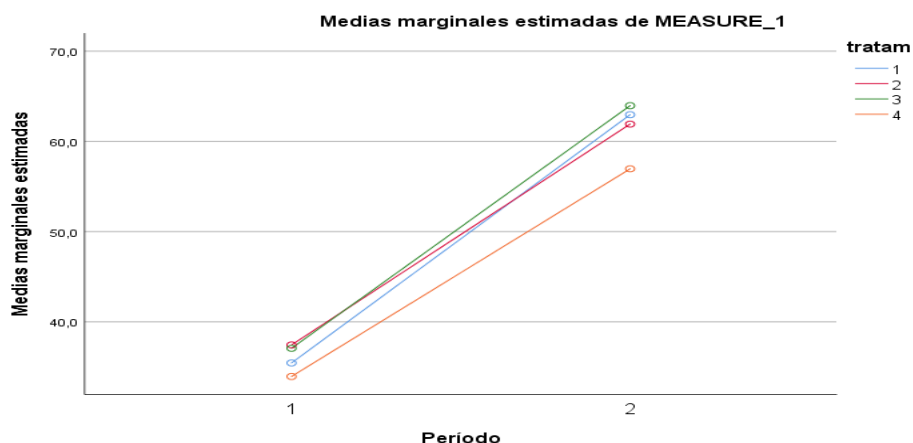


Figura 10. Efecto de la interacción tratamiento*período sobre Largo de la hoja, antes de bandera en plantas de Maíz.

PESO FRESCO Y RENDIMIENTO

El análisis estadístico descriptivo de las mediciones de producción de biomasa y población: peso fresco aéreo y de raíz a los 20 y 40 dds, peso de mazorca, población de plantas y rendimiento en Jojoto (Cuadro 4), mostró pesos de follaje y raíz que variaron entre 7,8 gr en la primera fecha y 349 gr en la segunda, mientras que el PFR varió entre 2,2 a los 20dds y 77,8 gr a los 40 dds, con los valores más bajos aparentemente en el testigo y los más altos, en los tratamiento 1 y 3. Estos resultados coinciden con las afirmaciones de Osorio (2014) Por otro lado, las variaciones se presentaron con algunos excesos, que pueden ser obviados al considerar el efecto de bloques, lo que obliga la aplicación de un modelo estadístico adecuado para la validación de estas diferencias aparentes entre tratamientos.

Las poblaciones de plantas variaron entre 37.143 y 40.357 p/Ha, lo que muestra poca variación aparente entre tratamientos, mientras que el peso de mazorca varió entre 0,16 y 0,22 kg con tendencias a mayores promedios en el T1. Similar respuesta se puede observar en el rendimiento, el cual varió entre 4.400 y 7980 kg/ha, con mayores magnitudes en el tratamiento T1, al respecto, será la prueba estadística quien valide la veracidad de estas observaciones visuales.

La aplicación del modelo de ANOVA con medidas repetidas en el tiempo (Cuadro 4) señaló diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos, para el peso fresco tanto de follaje como de raíz, indicando con esto, que hay un efecto de tratamientos sobre las variables de producción de follaje y raíz, al respecto, el Cuadro 5 y Figura 11, muestra mayores promedios en los tratamientos T1 y T2 con Silicio y abonos orgánicos en comparación al testigo con solo fertilización convencional. Este resultado confirma que la aplicación de Silicio en forma de harina o líquida en combinación con ambos abonos orgánicos (Humus líquido y Ecoactiva 13) promueve una mayor cantidad de biomasa de raíz y follaje, lo que se transforma en una mayor potencialidad de las plantas para la producción de rendimiento.

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en el número de plantas /Ha, lo que significa que la población de plantas es una variable que depende más de las condiciones ambientales y la capacidad germinativa de la semilla que de la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, debemos destacar una tendencia a menores poblaciones en el tratamiento T1, lo cual pudiera influir en la proyección de rendimiento (figura 12)

Cuando se consideró el peso de mazorca y rendimiento estimado en kg/ha (cuadro 4) en presencia de igual población de plantas, se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos y al respecto, el cuadro 5 y figuras 13 y 14, muestran mayores pesos de mazorca en el tratamiento T1 aun cuando su población de plantas, presentó la menor tendencia, mientras que el rendimiento total estimado por Ha de los tres tratamientos con Silicio, mostraron mayores rendimientos en comparación con el testigo y sin diferencias entre ellos. Estos resultados, demuestran que la menor tendencia de población de plantas en T1 afectó el rendimiento final y probablemente debido a esto, no logró superar a los dos tratamientos T2 y T3. Sin embargo, las evidencias señalan sin lugar a dudas el efecto positivo del Silicio en combinación con abonos orgánicos en la producción final del cultivo para estas condiciones de suelo, resultado coincidente con las afirmaciones de Gross (1962)

Cuando se consideró el efecto de interacción en pesos de follaje y raíz, se detectó efecto altamente significativo ($P < 0,01$) de la interacción tratamiento*medición, por lo que podemos observar en la figura 15 y 16, que el peso de follaje y raíz se incrementó significativamente en el segundo período, después de las tres aplicaciones de los tratamientos, lo que evidencia que las tres aplicaciones son necesarias para obtener un mayor potencial de crecimiento y así proyectar una mayor productividad, tal como lo manifiestan (Snayder y Datnof 2006)

Cuadro 4. Valores promedio y su desviación, de las variables de producción de biomasa y población útil.

TRAT	PER.	ESTAD.	PFA (gr)	PFR (gr)	Pobl. (p/Ha)	PMaz. (gr)	Rendim (kg/Ha)
T1	1	Prom.	10,7	3,3	37.143	0,22	7.980
		±DE	±5	±2	±15.000	±0,03	±3.000
	2	Prom.	349	77,7			
		±DE	±23	±43			
T2	1	Prom.	12,4	2,7	40.000	0,16	6.693
		±DE	±7	±2	±16.000	±0,02	±3.300
	2	Prom.	326	73,3			
		±DE	±80	±30			
T3	1	Prom.	11,7	2,3	40.357	0,18	7.357
		±DE	±6	±1	±17.000	±0,03	±3.200
	2	Prom.	283	77,8			
		±DE	±90	±43			
T4	1	Prom.	7,8	2,2	41.071	0,10	4.400
		±DE	±3	±1	±12.000	±0,01	±1.200
	2	Prom.	231	55,0			
		±DE	±130	±34			

Cuadro 5. Análisis de la varianza (ANOVA) y significación, aplicado a las variables:

Biomasa fresca y componentes de rendimiento

FUENTE DE VARIACIÓN	PFA (gr)	PFR (gr)	Pobl. (p/Ha)	PMaz. (gr)	Rendim. (kg/Ha)
Bloque	299,04**	0,16**	13,27**	1,22ns	19,16**
Tratamiento	5,18**	5,11**	2,72ns	14,90**	7,22**
Período	6,19**	246,5**			
Interacción T*Período	4,85** ¹	4,67** ¹			
CV%	24,14	25,47	24,8	14,8	24,88

Nota: 1; Efecto cuadrático

Nota: ns; no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). *; hay diferencias significativas ($P < 0,05$) y **; hay diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

Cuadro 6. Valores promedio de variables: Biomasa fresca a los (20 y 40 dds

combinados), rendimiento (Jojoto sin pelar a los 80 dds) y comparación según prueba de TUKEY.

TRATAMIENTO	ESTADÍSTICO	PFA (gr)	PFR (gr)	Pobl. (p/Ha)	PMaz. (gr)	Rendim (kg/Ha)
T1	Prom.	180 a	42,5 a	37.143 a	0,22 a	7.979 a
T2	Prom.	169 a	49,4 a	40.000 a	0,16 b	6.693 a
T3	Prom.	147 ab	40,9 ab	40.357 a	0,18 b	7.357 a
T4	Prom.	119 b	24,4 b	41.071 a	0,11 c	4.400 b

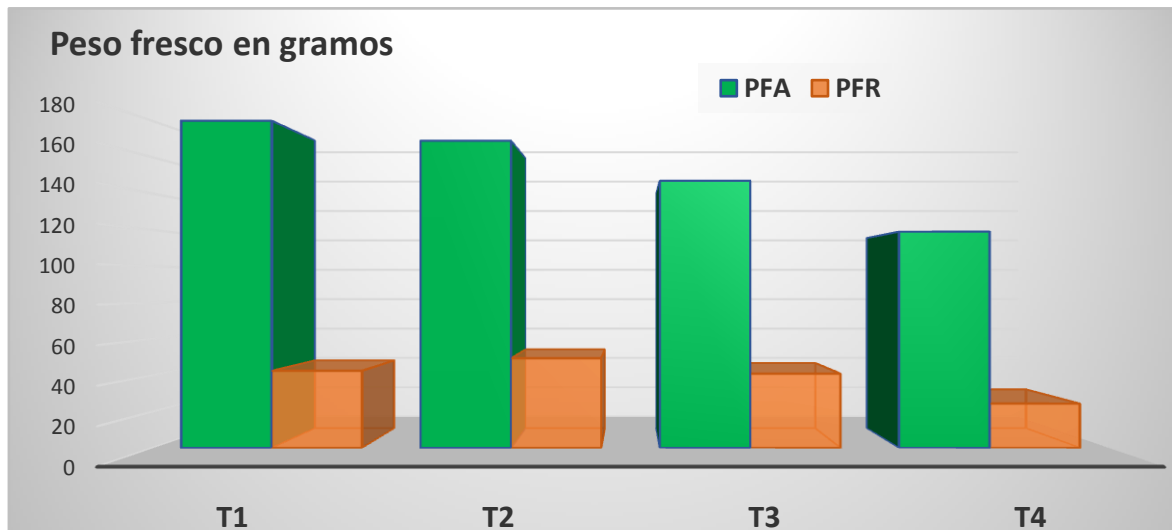


Figura 11. Comparación de medias de Peso fresco aéreo y de Raíz (Biomasa)

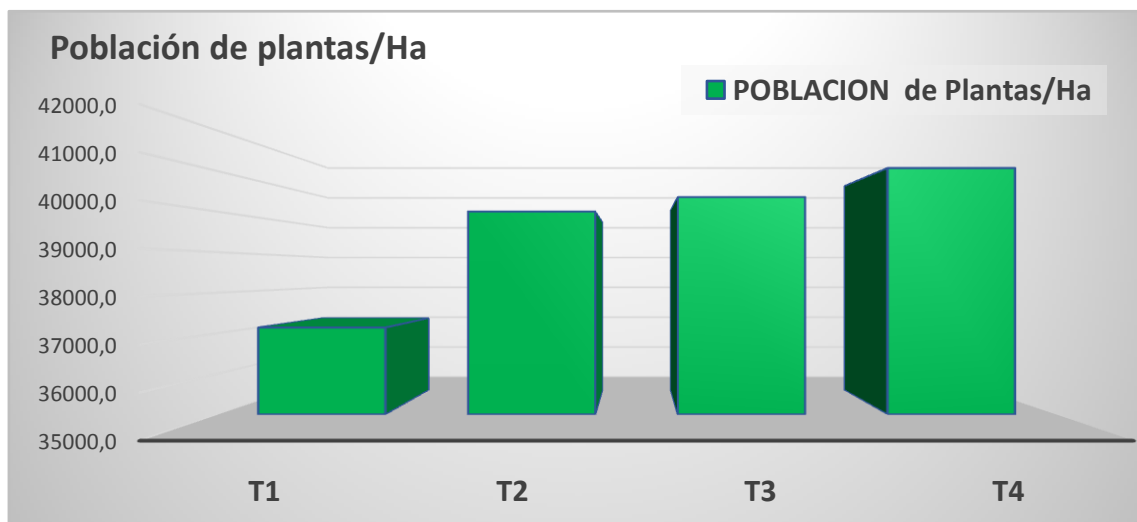


Figura 12. Medias de Población de plantas por hectárea en cada tratamiento

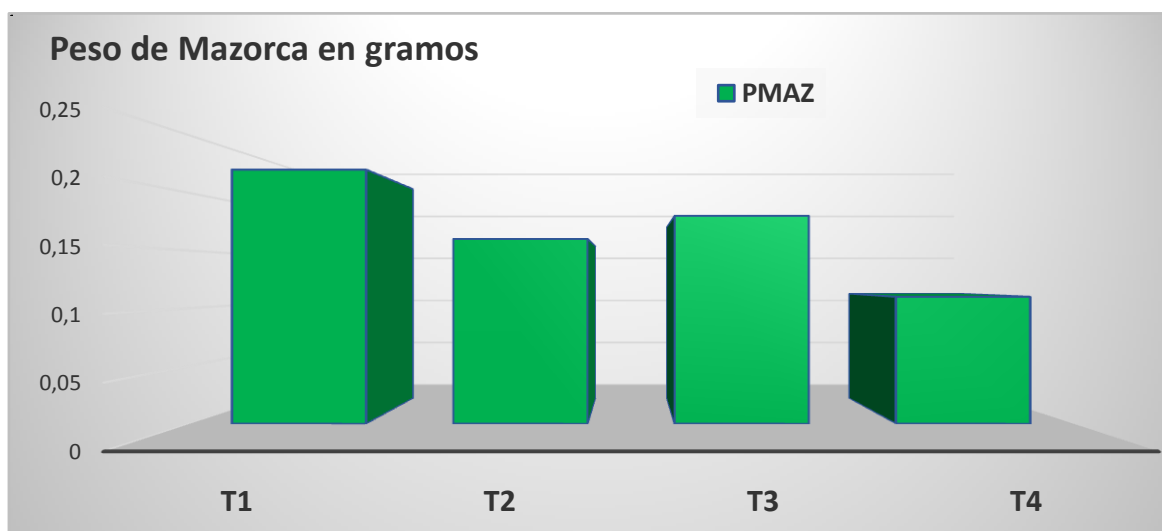


Figura 13. Medias de Peso promedio de mazorca (Jojoba con brácteas) por tratamientos

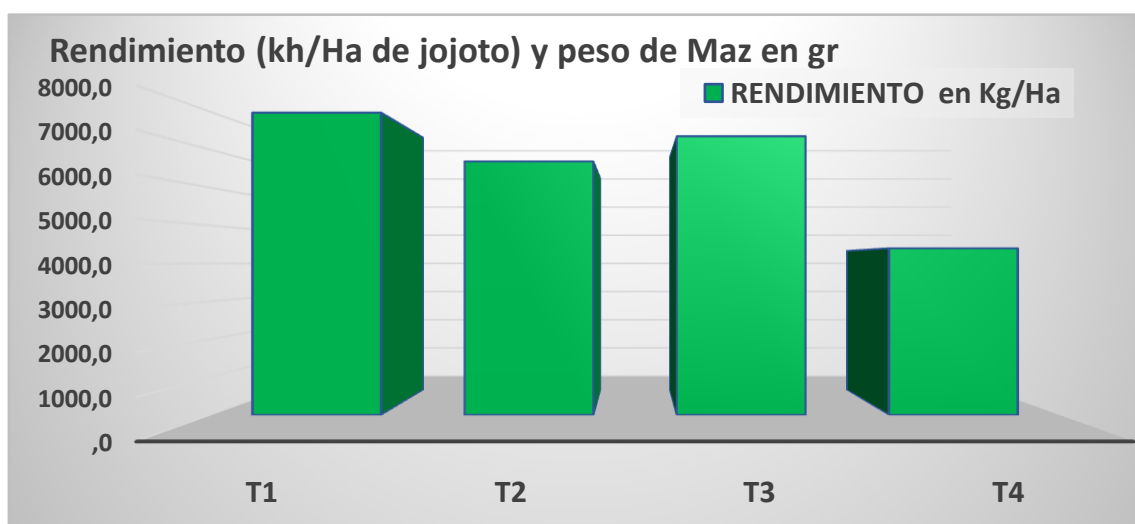


Figura 14. Medias de rendimiento promedio (Biomasa fresco de Jojoba con brácteas a los 80 días) por tratamiento.

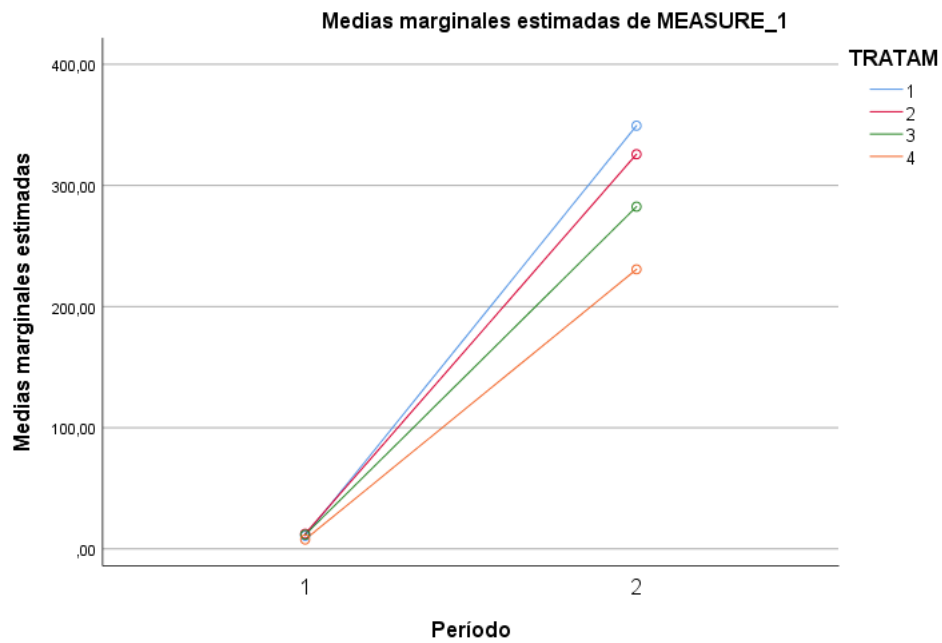


Figura 15. Efecto de la interacción tratamiento*período sobre Peso fresco aéreo (Biomasa aérea).

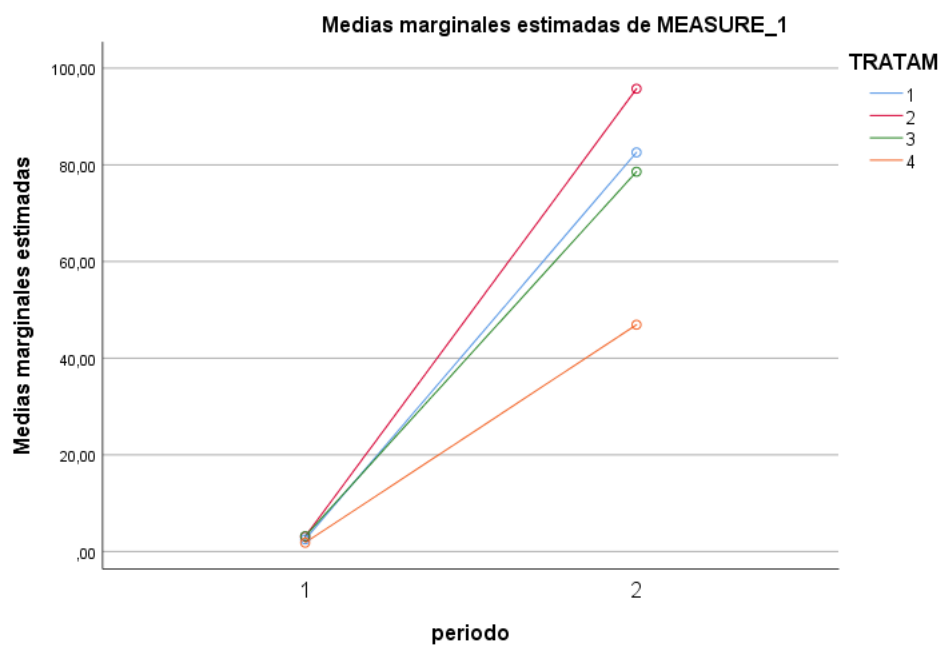


Figura 16. Efecto de la interacción tratamiento*período sobre el peso fresco de Raíz (Biomasa de raíz) por tratamiento, en plantas de Maíz.

CONCLUSIONES

- ✓ Los resultados del procesamiento de una muestra de suelos, previo a la siembra, indicaron un suelo areno franco grueso con muy poca fertilidad, problemas de acidez, con un pH de 4,98 y un exceso de aluminio intercambiable que permitieron proyectar limitaciones para el desarrollo y productividad del cultivo utilizando el manejo convencional sin enmiendas adecuadas.
- ✓ Los requerimientos de fertilizante no fueron satisfechos, según las recomendaciones de SERAGRO (2022) por ser un cultivo con poca previsión de lluvias al momento de la instalación del experimento y con el propósito de mantener el suelo con necesidad de fertilizantes y evaluar así el efecto de las aplicaciones de los tratamientos con silicio y abonos orgánicos como complemento de la fertilización.
- ✓ Las diferencias en el crecimiento y producción de biomasa de las diferentes combinaciones de Tierra de diatomea (Silicio orgánico) con abonos orgánicos en aplicaciones edáfica y foliar, complementarios a la fertilización convencional (fórmula y urea) favorecieron a los tratamientos con Silicio, cuando se compararon con la aplicación la fertilización convencional.
- ✓ Las limitaciones de suelos en cuanto a la poca fertilidad aunada al exceso de aluminio intercambiable, pH ácido y deficiencia de silicio, probablemente favorecieron el efecto del Silicio debido a sus propiedades para tratar el equilibrio y transporte de nutrientes que estaban bloqueados por el aluminio.
- ✓ La aplicación del Silicio en forma de licor de harina de la piedra de diatomeas compitió con ventaja sobre las aplicaciones de la harina de roca de Diatomeas y esto se debe probablemente a que el licor contiene los nutrientes en la solución,

que pueden ser aprovechados en la solución del suelo con mayor rapidez que la harina de roca.

RECOMENDACIONES

- ✓ Los resultados obtenidos en este estudio, deben ser confirmados con repeticiones del experimento para establecer recomendaciones a los productores, ya que existe poca información científica sobre el uso de estos productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andres, F y Mora, S. (2016). Efecto de la incorporacion de silicato de magnesio en la fertilizacion mineral del cultivo de maiz (*Zea mays L.*). San Carlos, Venezuela.

Aguayo, A. y Cruz, G. (2020). *Efecto del silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de maiz.*

Aguirre, R. y. (2012). *Factores Ambientales*. Australia: organización de la naciones unidas para la alimentación y la agricultura.

DFININOVA. (s.f.). EL MAÍZ, EL CEREAL MÁS PRODUCIDO DEL MUNDO. [Consulta en linea el 10 de Septiembre de 2022], disponible en:
<https://dfinnova.com/2022/04/12/el-maiz-el-cereal-mas-producido-del-mundo/#:text=La%20planta%20del%20ma%C3%ADz%20es,desarrollo%20y%20de%20producci%C3%B3n%20anual.&text=El%20tallo%20del%20>

Párraga, J. 2007. Planeamiento y ejecución de diseños experimentales. Universidad Nacional experimental de los llanos occidentales Ezequiel Zamora, Mimeg. 22 pp.

Chacín F. 2000. Diseño y análisis de experimentos. Ediciones de la UCV. 2da edición ISBN 980-00-1690-2, 287 pp. Caracas, Venezuela.

Castellanos, L., Mello, R. y Silva, N. (2019). *El silicio en la resistencia a los cultivos*. Brasil: Scielo.org.

Castellanos, J. (3 de 2015). *Manejo y coreccion en la acidez de los suelos*. Recuperado el 26 de Agosto de 2022, de Manejo y coreccion en la acidez de los suelos: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo>

Datnoff y Snyder. (2022). *La importancia del silicio para la agricultura*. Alicante, España: Cultifort S.L. Fertilizantes y Productos para la Agricultura.

Dfininova. (12 de abril de 2022). *EL MAÍZ, EL CEREAL MÁS PRODUCIDO DEL MUNDO*. Recuperado el 29 de octubre de 2022, de EL MAÍZ, EL CEREAL MÁS PRODUCIDO DEL MUNDO: <https://dfinnova.com/2022/04/12/el-maiz-el-cereal-mas-producido-del-mundo/#:~:t>

ext=La%20planta%20del%20ma%C3%ADz%20es,desarrollo%20y%20de%20producci%C3%B3n%20anual.&text=El%20tallo%20del%

Espinoza, R. B. (2017). *Guía Técnica para muestreo de Suelos*. Centenaria del agro.

FAO(2022). agricultura mundial hacia los años 2015/2030. *Agronomía tropical* ,
<https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s03.htm>.

Hernandez. (2002). *Importancia de la aplicación de silicio en el suelo*. organización de la naciones unidas para la alimentación y la agricultura.

INTAGRI. (s.f.). Silicio para la nutrición y protección vegetal. (Consulta en línea el 15 de Agosto de 2022),
disponible en:
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal>.

Intagri. (s.f.). Recuperado el 15 de septiembre de 2022, de
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal>.

Intagri. (21 de 4 de 2021). *Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura*. Recuperado el 15 de 9 de 2022, de Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura:
[intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal)

Miyake y Takahashi. (2001). *Study of Potassium Silicate Spraying in Coffee Plants to Control Oligonychus ilicis (McGregor) (Acari: Tetranychidae)*. Netherlands: Scientific Research Publishing

Mora, A. (2016). *Efecto de la incorporación de silicato de magnesio en la fertilización mineral del cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Recuperado el 15 de septiembre de 2022, de Efecto de la incorporación de silicato de magnesio en la fertilización mineral del cultivo de maíz (Zea mays L.):
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9845/efecto_de_incorporacion_de_silicato_de_magnesio_en_fertilizacion_mineral_del_cultivo_de_maiz_\(Zea_mays_L.\):_maiz_%28zea%20mays%20l.%29_en_finca_la_vega_san_carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9845/efecto_de_incorporacion_de_silicato_de_magnesio_en_fertilizacion_mineral_del_cultivo_de_maiz_(Zea_mays_L.):_maiz_%28zea%20mays%20l.%29_en_finca_la_vega_san_carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Naciones unidas, O. d. (2021). *FAO*. Obtenido de
<https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/pro>

- Osorio, Matichenkov, Pulgarin, & Quero. (2020). *Mejoramiento del suelo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura .
- Oñate, L. (2016). “*duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas*. cevallos, ecuador: universidad técnica de ambato facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica.
- Posada, P., Ocampo, J., y Santos, L. (2011). Estudios relacionados con el comportamiento de las semillas en maracuyá, granadilla y gulupa como estrategia para su conservación. Colombia: Programa de Recursos Genéticos del CIAT.
- Ramos D. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. Cuba: Scielo.
- SEPHU, S. E. (2012). *El silicio en el cultivo de arroz*. Zaragoza: Noticias SEPHU.

ANEXOS

Anexo 1. Caracterización del suelo



RIF: J502349286

SERVICIOS AGROECOLÓGICOS C.A.

Ave. Principal de La Colonia. Quinta El Campanero. Guanare estado Portuguesa. 3350. WhatsApp: 04145658111 Cel: 04160395666
Email: rj1961ore@gmail.com Web: laboratorioseragro.com

DATOS SOLICITANTE:	JUAN CARLOS HIDALGO	RIF O CÉDULA:	
NOMBRE FINCA:	PARCELA 2	ESTADO:	PORTUGUESA
MUNICIPIO:	PAPELÓN	LOCALIDAD:	CAÑO DELGADITO
NRO LABORATORIO:	SR23006	IDENT MUESTRA:	M1
		PROFUNDIDAD (cm):	0-30

ANÁLISIS PRELIMINAR

HUMEDAD GRAVIMÉTRICA:	0,0065
CARBONATOS:	Ausentes
MANCHAS (%):	0
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³):	1,56
ESPACIO POROSO TOTAL (%):	41,1
INCLUSIONES (concreciones y/o micas):	Micas
FRAGMENTOS GRUESOS (%):	0

CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

SATURACIÓN (%):	41
PMP (%):	9
CC (%):	18
AGUA ÚTIL (%):	13

ANÁLISIS TEXTURAL

TEXTURA:	arenoso franco (aF)
Arena (%):	75,75
Limo (%):	11,38
Arcilla (%):	12,87
RIA:	0,162
Ks (cm/h):	2,26

ANÁLISIS QUÍMICO NUTRICIONAL

pH (UpH rel 1:2)	4,98	Extremadamente ácido. Fuera del rango óptimo para maíz
CE (dS/m):	0,129	Baja. No afecta al cultivo
MATERIA ORGÁNICA (%):	1,22	Baja. Pobre aporte nutricional al suelo
NITRÓGENO ASIMILABLE (kg/ha):	11	Deficiente. Afecta actividad fotosintética
FÓSFORO (mg/kg):	7,9	Bajo. Afecta la división celular y las plantas quedan pequeñas
POTASIO (mg/kg):	63	Bajo Afecta la resistencia a las enfermedades.
ALUMINIO INTERC (Cmol(+))/kg de suelo):	1	Ligero exceso. Encalar
SILICIO DISPONIBLE (mg/kg):	8,38	Bajo.

Anexo 2. Requerimientos y recomendaciones para la fertilización.



SERVICIOS AGROECOLÓGICOS C.A.

Ave. Principal de La Colonia. Quinta El Campanero. Guanare estado Portuguesa. 3350. WhatsApp: 04145658111 Cel: 04160395666
Email: rj1961ore@gmail.com Web: laboratorio-seragro.com

RIF: J502349286

CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE LOS RESULTADOS

Vistos los resultados se puede apreciar lo siguiente:

1.- Del análisis preliminar y de textura: los resultados muestran un suelo de textura gruesa (arenoso franco), con una predominancia de la partícula de arena (75,75%) sobre las de arcilla y limo, lo cual influye en la permeabilidad ($k_s=2,26$ cm/h) y la baja capacidad de retención de nutrientes ($RIA=0,162$). Esta moderada a alta permeabilidad, aunado a la presencia predominante de arena origina que en este suelo exista poca acumulación de agua en el estrato evitando la formación de patrones RMF y de concreciones, lo cual es favorable para la siembra de maíz. Sin embargo, al ser muy permeable y con poca arcilla este suelo tiende a secarse rápidamente pudiendo afectar la planta por déficit hídrico. Visto lo anterior, es necesario de ser posible a fin de garantizar el buen desarrollo de la planta que la siembra, fertilización y manejo de la planta se haga cuando la humedad del suelo está entre 13 y 18 %.

2.- Análisis químico nutricional: el resultado del análisis muestra un suelo de pH fuertemente ácido (4,98 UpH) fuera del rango óptimo para maíz y con ligera concentración de aluminio intercambiable ($Al^{+3}=1$ Cmol(+)/kg de suelo). En cuanto a la fertilidad natural del suelo, la misma es baja con deficiencia en la disponibilidad de los nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) por lo que es indispensable cubrir los mismos con fuentes de fertilizantes para evitar baja productividad de la planta.

RECOMENDACIONES DE MANEJO Y FERTILIZACIÓN

La disponibilidad de los nutrientes producto del análisis de suelos y el requerimiento del cultivo (maíz) se muestra en el cuadro siguiente:

DISPONIBILIDAD SUELO (g/planta)				
N	P2O5	K2O	MgO	S
11	18	75	-	-
REQUERIMIENTO DEL CULTIVO (g/planta)* (INIA 1999)				
N	P2O5	K2O	MgO	S
200	100	220	29	25
CANTIDAD DE NUTRIENTES APLICAR (g/planta)				
N	P2O5	K2O	MgO	S
189	82	145	-	-

MANEJO AGROECOLÓGICO RECOMENDADO:

- 1.- Encalar a razón de 500 kg/ha de cal agrícola ($CaCO_3$) o dolomítica [$CaMg(CO_3)_2$] para incrementar el pH hasta 5,50 UpH y neutralizar el aluminio. Con esto se garantiza el suelo este óptimo para maíz.
- 2.- Transcurridos 30 días mínimo de emplear la cal agrícola, aplicar fertilización edáfica con una fórmula en la relación NPK 2,3:1:1,8. Puede utilizar una fórmula como el 10-26-26 a razón de 315 kg/ha y completar los aportes de nitrógeno (N) y potasio (K2O) con 137 kg/ha de urea y 105 kg/ha de KCL. Posteriormente reabonar a los 25-30 días con 205 kg/ha de urea.

Anexo 3.Preparacionde Suelo



Anexo 4.Recolección de muestra del suelo



Anexo 5..Siembra y fertilización



Anexo 6. Instalación del ensayo



Anexo 7. Preparación y aplicación de tratamiento.



Anexo 8. Primera aplicación del Tratamiento



Anexo 9 Segunda aplicación del Tratamiento y medidas de Diámetro de Tallo, Altura, Número de hoja, Peso fresco aéreo y Peso fresco raíz.

