



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Tlajomulco



TESIS

CON EL TEMA:

“EVALUACION DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DE DOS FERTILIZANTES EN APLICACIONES FOLIARES COMO MEJORADORES DEL DESARROLLO EN EL CULTIVO DE MAÍZ”

QUE PRESENTA:

JESUS EMMANUEL MACIAS CASTAÑEDA

ASESORA:

DRA. IRMA GUADALUPE LOPEZ MURAIRA

REVISORES:

**DR. HECTOR FLORES MARTINEZ
ING. RODOLFO CORTEZ IÑIGUEZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN AGRONOMIA**

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. MARZO, 2023.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **20/febrero/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/346/2023
ASUNTO: Autorización de impresión definitiva y digitalización

**C. JESUS EMMANUEL MACIAS CASTAÑEDA
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E**

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL OPCIÓN I (TESIS), con el tema **“EVALUACION DE LA EFICACIA BIOLÓGICA DE DOS FERTILIZANTES EN APLICACIONES FOLIARES COMO MEJORADORES DEL DESARROLLO EN EL CULTIVO DE MAIZ”** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Educar para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

**C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL**



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario. -

MIBR/AIBR/ALGC/mjhc





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **17/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/082/2023
ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:



NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	JESUS EMMANUEL MACIAS CASTAÑEDA
NO. DE CONTROL:	17940209
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"EVALUACION DE LA EFICACIA BIOLOGICA DE DOS FERTILIZANTES EN APLICACIONES FOLIARES COMO MEJORADORES DEL DESARROLLO EN EL CULTIVO DE MAIZ"

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

Miguel
ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

 DRA. IRMA GUADALUPE LOPEZ MURAIRA Nombre y firma del asesor	 DR. HECTOR FLORES MARTINEZ Nombre y firma del revisor	 ING. RODOLFO CORTEZ IÑIGUEZ Nombre y firma del revisor
--	--	---

C.c.p.- Expediente.
MHF/mjhc*



AGRADECIMIENTOS

Antes que nada con mucho afecto agradezco a mi familia y hermanos, principalmente a mi padre Abel Macías Luna y a mi madre Francisca Castañeda López por todo su apoyo a lo largo de mi carrera.

A mi hermano Saúl Macías Castañeda y mi primo Braulio Adrián Illamas Castañeda por su gran ayuda en la toma de datos a nivel de campo.

Con gran cariño a mi novia y amiga Wendy Nayeli González Torres por su compañía y apoyo durante la realización de este proyecto.

Al ing. Luis Jesús Gonzales Maldonado por su paciencia, consejos y aporte de conocimiento hacia mi persona.

Y especialmente con todo mi aprecio a la Dra. Irma Guadalupe López Muraira y a el M.C. Héctor Rubén Iruegas Buentello por brindarme en todo momento su apoyo y conocimiento, además de guiarme en mi formación como profesional y personal durante todo este tiempo, una gran parte de este logro y de lo que soy se lo debo a estas dos grandes personas, de nuevo muchas gracias por haber sido quienes fueron conmigo.

ÍNDICE

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
HIPÓTESIS	9
OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
JUSTIFICACIÓN	10
ANTECEDENTES	11
MATERIALES Y MÉTODOS	15
RESULTADOS	19
CONCLUSIONES	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXOS	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aplicación del producto en la parcela experimental de maíz.....	15
Figura 2. Toma de datos de altura de plantas.....	16
Figura 3. Toma de datos de grosor de tallo.	17
Figura 4. Daño por gusano cogollero.....	17
Figura 5. Grafica de intervalos para altura.....	19
Figura 6. Grafica de intervalos para diámetro de tallo.....	20
Figura 7. Grafica de intervalos para número de hojas.....	21
Figura 8. Grafica de intervalos para ancho de hoja.	22
Figura 9. Grafica de intervalos para largo de hoja.	23
Figura 10. Grafica para porcentaje de sanidad.....	24
Figura 11. Grafica para escala de vigor.....	25
Figura 12. Preparación de tratamientos.	30
Figura 13. Equipo de aplicación.....	30
Figura 15. Medición de altura de planta.	31
Figura 14. Identificación de plantas evaluadas.	31
Figura 16. Segunda aplicación etapa V10.	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos y dosis aplicadas en el cultivo del maíz.	15
Tabla 2. Distribución de los tratamientos.	16
Tabla 3. Escala 1 – 9 adaptada de la propuesta por Davis	18
Tabla 4. ANOVA altura de maíz.	19
Tabla 5. ANOVA diámetro de tallo.	20
Tabla 6. ANOVA numero de hojas.	21
Tabla 7. ANOVA ancho de hoja.....	22
Tabla 8. ANOVA largo de hoja.....	23
Tabla 9. Medias de sanidad.	24
Tabla 10. Medias de vigor.....	25

RESUMEN

La presente investigación está dirigida a la valoración nuevos productos a nivel de campo, con el propósito de sustentar su efectividad para lo cual fueron diseñados. De esta manera se evaluó la eficacia biológica de dos fertilizantes a base de silicio en aplicaciones foliares como mejoradores del desarrollo en el cultivo del maíz. Para esta evaluación se realizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones y para cada uno 25 individuos, para los parámetros de altura, diámetro de tallo, número de hojas y ancho y largo de la hoja donde en estos dos últimos se presenta diferencia estadística significativa y se comprueba que el silicio tiene efecto en estas variables. De manera cualitativa se evaluó la sanidad, vigor y se observó un efecto benéfico para el cultivo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad México necesita del avance y desarrollo de nuevas alternativas relacionadas a los agroquímicos que ayuden a un mejor desarrollo y sanidad de los cultivos.

Los efectos benéficos del silicio han sido demostrados en varias especies de plantas y también capaz de aumentar la resistencia al ataque de insectos y patógenos gracias a su deposición, formando una barrera mecánica (Castellanos *et al.*, 2015).

Los trabajos realizados con fertilizantes a base de silicio ya han sido reportados como benéficos para los cultivos por Castellanos *et al.* (2020).

Hernández *et al.* (2022) de igual manera, el silicio puede ayudar a las plantas a soportar condiciones medioambientales, biológicas y edáficas adversas, aumentando y mejorando la calidad en la producción.

Esto tiene como consecuencia implementar estrategias que apoyen al manejo adecuado, pero a su vez el tener opciones para el mejoramiento de la producción.

De esta manera se muestran los resultados del efecto del silicio en de altura, diámetro de tallo, número de hojas y ancho y largo de la hoja en el cultivo del maíz.

Al igual también se reporta un resultado cualitativo para los parámetros de sanidad y vigor.

HIPÓTESIS

Los fertilizantes a base de silicio en aplicaciones foliares son una alternativa para promover un buen desarrollo en el cultivo del maíz así como mejorar la sanidad y el vigor del mismo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar de la eficacia biológica de dos fertilizantes en aplicaciones foliares como mejoradores del desarrollo en el cultivo de maíz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Cuantificar la altura, diámetro de tallo, número de hojas y ancho y largo de la hoja en el cultivo del maíz.
- Determinar cualitativamente la sanidad y el vigor de planta.

JUSTIFICACIÓN

El funcionamiento de los productos agrícolas es un aspecto muy importante que muchas veces se cuestiona, debido a distintos factores externos o ajenos a ellos, es decir las condiciones en las que se llevó a cabo el suministro o la aplicación de los mismos.

Para comprobar que tan eficiente es un producto es necesario hacerlo en las condiciones más adecuadas que sea posible, con el propósito de obtener los resultados más exactos, es por eso que las evoluciones mediante un diseño experimental son las más apropiadas debido a que el objetivo de este es estudiar si cuando se utiliza un determinado tratamiento se produce una mejora en el proceso o no. La metodología del diseño de experimentos estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso empírico para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en la respuesta; de esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés, es decir se comprueba y se obtiene un resultado exacto del funcionamiento de un producto, es por eso que este caso se implementó un diseño experimental de bloques al azar, para evaluar y comprobar los beneficios y los efectos los fertilizantes a base de silicio en el cultivo del maíz.

ANTECEDENTES

Existen varios trabajos de investigación relacionados con los beneficios que proporcionan las aplicaciones de productos a base de silicio. Castellanos *et al.* (2020) mencionan que los tratamientos que recibieron fertilización con Silicio y Potasio en maíz presentaron menor daño causado por hongos.

También dentro de los beneficios reportados en referente a plagas se encontró que en el gusano cogollero al final del segundo estadio y se observó una mayor mortalidad de las larvas en el segundo y sexto estadio alimentados con hojas de plantas de maíz tratadas con silicio. Las mandíbulas del gusano cogollero en el sexto estadio mostraron un marcado desgaste en la región de los incisivos cuando entraron en contacto con hojas con mayor contenido de silicio. La aplicación de silicio puede dificultar la alimentación del gusano cogollero, causando una mayor mortalidad y canibalismo, aumentando así la resistencia de las plantas a esta especie (Goussain *et al.*, 2002).

Raya Pérez *et al.*, en el 2012 mencionan que el silicio tiene varios efectos sobre los vegetales. Las plantas fertilizadas con silicio, al ser infectadas con hongos, presentan una infección menos severa, además de que el silicio retrasa la aparición de la enfermedad y/o reduce su incidencia, modulando y sincronizando mejor la respuesta de la planta al patógeno. Es decir, la función del silicio no se limita a ser una barrera física (por ejemplo, los tricomas) contra las agresiones del medio, sino que tiene un papel más activo y relevante. Las evidencias muestran que las plantas que crecen en ausencia de silicio frecuentemente son más débiles estructuralmente, y tienen menor tamaño, desarrollo, viabilidad y su reproducción es anormal; son más susceptibles a estrés abiótico así como a la toxicidad por metales, son más fácilmente atacadas por organismos patógenos, insectos fitófagos y mamíferos herbívoros.

La adición de silicio en la solución nutritiva favorece la producción de materia seca aérea y de raíz con la presencia de otros compuestos del suelo (Buchelt *et al.*, 2020).

Nyawade *et al.* (2020) mencionan que el uso integral de cultivos intercalados de Silicio y leguminosas presenta a los pequeños agricultores una oportunidad para aumentar la productividad de la papa al tiempo que mejora la eficiencia en el uso de los recursos y la fertilidad del suelo en los trópicos semihúmedos.

Hassan *et al.* (2019) mencionan que en el cultivo de maíz la pulverización con silicio arrojó valores altos para la altura de la planta, el diámetro del tallo, el área foliar y la longitud de la mazorca.

Frew *et al.*, en el 2018 reportan que el silicio tiene numerosos efectos beneficiosos en las plantas, aliviando diversas formas de estrés abiótico y biótico. La investigación sobre este tema se ha acelerado en los últimos años y ha revelado múltiples efectos del Si en una variedad de especies de plantas.

Los beneficios logrados han fomentado la fertilización de los cultivos con silicatos. Actualmente, la aplicación de fertilizantes con Si es común en Corea y Japón, con un consumo anual de 400000 y 1000000 de toneladas, respectivamente, con lo que se logra un incremento y/o sostenimiento en la producción de arroz (Aguirre *et al.*, 2007).

El silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la tierra después del oxígeno. A pesar de no ser esencial para las plantas, es un importante constituyente, variando de 0,1 hasta 10% de la masa seca de las plantas (Wagner, 2006).

Se han determinado el contenido de %SiO₂ con trabajo de diferentes campos cañeros y se encontró un contenido de %SiO₂ en un rango entre 37,90% y 70,20%, con un promedio de 57,66% (Gutiérrez *et al.*, 2018)

En gramíneas, una porción considerable de silicio está en la epidermis en ambas superficies de la hoja, el cual se localiza intercelularmente. La deposición de silicio se ubica en los tricomas de las hojas, primordios, brácteas de las inflorescencias y en las hojas bandera de los granos de cereal como el trigo (Borda *et al* 2007)

Las plantas más vulnerables a plagas y enfermedades son aquellas expuestas a una nutrición deficiente. Los fertilizantes foliares mejoran la nutrición del cultivo e incrementan la calidad y la resistencia a enfermedades. El calcio y silicio favorecen la rigidez de las paredes celulares, generan resistencia a enfermedades y propician mayor vida postcosecha (Dios-Delgado *et al.*, 2006)

Para el cultivo de chile, Villalón -Mendoza et al reportan que los resultados indicaron que la lombricomposta y el dióxido de silicio tuvieron un mayor incremento medio de altura de planta Cárdenas (2013) reporta que se midieron las variables de grosor del tallo y altura de la planta, y el registro de número de flores y frutos por planta y encontró que la presencia de silicio favoreció al desarrollo vegetativo, y mejoró los rendimientos de producción, al obtener un mayor número de frutos por planta.

Viana (2008) En el caso de arroz, se ha comprobado que el silicio induce una excelente resistencia contra enfermedades causadas por *Rhizoctonia*, *Pyricularia*, *Helminthosporium*, *Rynchosporium*, *Sarocladium*.

El silicio suministrado a través de la solución nutritiva es capaz de mejorar la tolerancia de los calabacines cultivados hidropónicamente (Cucurbita pepo L. cv. 'Rival') a la salinidad y a las infecciones hongos (Sawas et al., 2009)

El silicio es absorbido en un rango de pH de 2 hasta 9 en forma energéticamente pasiva siendo tomado por la raíces en la solución como ácido monosilícico $\text{Si}(\text{OH})_4$ para ser acumulado en las células epidermales que las impregna en una fina capa (2,5 μm) y al asociarse con pectinas y polifenoles en la pared celular (Epstein, 1994)

Dehghanipoode et al. (2018) mencionan que para e incrementar la producción es necesario considerar la contribución de bioestimulantes como el silicio en las formulaciones de fertilizantes, dirigida a mejorar el rendimiento y la calidad de varios cultivos.

BORDA, Oswaldo Andrés; BARON, Fredy Humberto and GOMEZ, Manuel Iván. El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. *Agron. colomb.* [online]. 2007, vol.25, n.2

Furcal y Herrera (2013) reportan que la combinación del silicio aplicado al suelo y el uso de plaguicidas incrementaron el contenido de zinc y cobre en el suelo, y del zinc y magnesio en las hojas de arroz, pero este efecto no se tradujo en rendimiento y calidad de granos. La aplicación de plaguicidas influyó positivamente en el peso y rendimiento del arroz.

El Si constituye entre el 0.1 y el 10% del peso seco de las plantas superiores. El arroz acumula hasta 10% de Si y, en general, las monocotiledóneas acumulan más Si que las dicotiledóneas, aunque las diferencias pueden darse incluso a nivel de variedad (Epstein, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo la evaluación de la eficacia biológica de dos fertilizantes a base de silicio (Silicrop® y Armplus) en aplicaciones foliares como mejorador fisiológico del desarrollo en el cultivo de maíz. Lo cual incluyó cuantificación de altura, diámetro de tallo, número de hojas, ancho y largo de la hoja diez de las plantas del maíz. Y cualitativamente sanidad y vigor de las plantas. El ensayo se estableció en la parcela ubicada en 20°21'58"N 103°15'17"W a una altura de 1681 msnm en condiciones de campo en el cultivo de maíz, en donde se realizaron dos aplicaciones de cuatro tratamientos y un testigo absoluto de manera foliar, empezando con la primera aplicación en la etapa V4 y la segunda aplicación en V10.



Figura 1. Aplicación del producto en la parcela experimental de maíz.

No.	Producto	Dosis PC/ha	Época, modo y número de aplicaciones	Distribución de los Tratamientos			
				1-1	2-2	3-5	4-4
1	Silicrop®	500 ml	1ª aplicación en V4 y 2ª aplicación en V10	1-1	2-2	3-5	4-4
2	Silicrop®	1000 ml	1ª aplicación en V4 y 2ª aplicación en V10	1-2	2-4	3-2	4-5
3	Silicrop®	1500 ml	1ª aplicación en V4 y 2ª aplicación en V10	1-3	2-5	3-1	4-3
4	Armplus	1000 ml	1ª aplicación en V4 y 2ª aplicación en V10	1-4	2-1	3-3	4-1
5	Testigo	---	Sin aplicar	1-5	2-3	3-4	4-2

Tabla 1. Tratamientos y dosis aplicadas en el cultivo del maíz. PC/ha= Producto comercial por hectárea.

El estudio se estableció utilizando un diseño experimental en bloques al azar con 4 repeticiones, la unidad experimental estuvo conformada por 4 surcos de ancho (3 m) y 10 metros de largo para un total de 30 m², que multiplicado por 4 repeticiones y por 5 tratamientos, arroja un total de 600 m², por todo el experimento.

La distribución de los tratamientos fue:

I	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
II	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
III	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5
IV	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5

Tabla 2. Distribución de los tratamientos.

Para evaluar el efecto de Silicrop[®] en el vigor de las plantas de maíz, se utilizó la escala 1 a 5 en donde 1 = Plantas caídas, pequeñas, cloróticas sin hojas nuevas o pocas hojas nuevas. 3 = Plantas firmes, pero pequeñas, hojas verde-claro y con algunas hojas nuevas y 5 = Plantas firmes, grandes, con hojas nuevas color verde-oscuro, a los 3 y 7 días después de la primera aplicación (y a las 12:00 horas), para esto fue necesario contar el número de hojas y la altura de la planta.

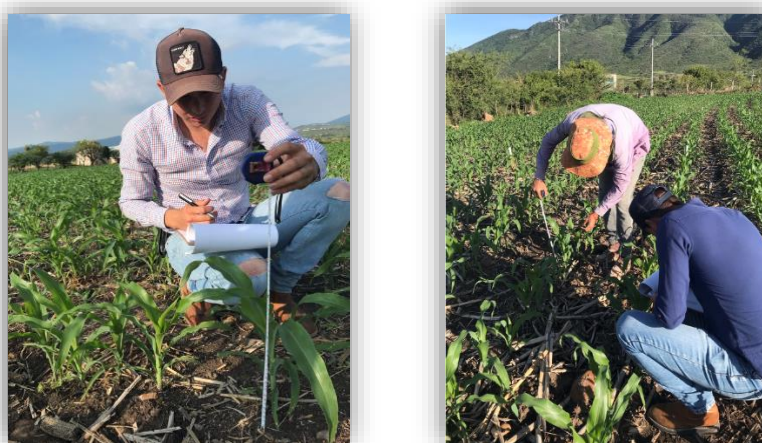


Figura 2. Toma de datos de altura de plantas.

Para determinar el efecto de Silicrop® en el desarrollo fisiológico del cultivo de maíz, se midió el diámetro del tallo a 5 centímetros del suelo, utilizando un vernier y tomando 20 plantas de los surcos centrales de cada unidad experimental, para obtener 80 muestras de cada tratamiento a los 10 días después de cada aplicación. Así mismo, se evaluó el área foliar, midiendo el ancho y largo de la hoja 10, 15 días después de la segunda aplicación.



Figura 3. Toma de datos de grosor de tallo.

Para evaluar el efecto inhibitorio del desarrollo de enfermedades y plagas en el cultivo de maíz, se utilizó la escala 1-9 de lowa para daño por insectos y se evaluó el % de daño de plaga, utilizando 10 plantas por unidad experimental, reportando la especie de plaga presente.



Figura 4. Daño por gusano cogollero.

Escala de IOWA		
Índice	% de daño	Descripción de la superficie foliar afectada
1	90%	Cogollo y hojas casi o totalmente destruidas
2	50%	Más de 8 hoyos elongados de todos los tamaños sobre el cogollo y las hojas abiertas
3	40%	Más de 8 hoyos elongadas de todos los tamaños sobre las hojas abiertas
4	30%	de 4 a 7 hoyos elongados presentes en el cogollo y las hojas abiertas
5	20%	de 4 a 7 hoyos elongados presentes sobre las hojas abiertas.
6	15%	de 4 a 7 lesiones elongadas de 1.3 a 2.5 cm presentes en el cogollo y las hojas abiertas
7	5%	3 o menos lesiones circulares no elongadas en el cogollo y las hojas
8	2%	Punzaciones y lesiones pequeñas circulares presentes en las hojas del cogollo.
9	0%	Sin lesiones o con punzaciones en el cogollo

Tabla 3. Escala 1 – 9 adaptada de la propuesta por Davis, et al., 1992. Hoyos: tejido completamente removido atravesando la hoja. Lesiones: tejido verde removido, permaneciendo el tejido membranoso (ventanas).

Una vez que se obtuvieron los datos de campo el análisis de varianza se llevó acabo con el programa MINITAB 2018 (tukey 0.05 de confianza).

RESULTADOS

Se analizaron un total de 9000 datos obtenidos de vigor, altura, número de hojas, diámetro de tallo, sanidad y ancho y largo de la hoja diez de las plantas de maíz.

- **Anova de altura de maíz.**

El análisis de varianza para el parámetro de altura de la planta no muestra diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Sin embargo existe diferencia numérica donde el testigo presenta la media más alta y el tratamiento 3 la más baja.

TratName	N	Media	Agrupación
5.Testigo	400	76.78	A
1.Silicrop® 0.5	400	71.71	A
2.Silicrop® 1.0	400	70.96	A
4.ArmPlus 1.0	400	70.73	A
3.Silicrop® 1.5	400	69.76	A

Tabla 4. ANOVA altura de maíz. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

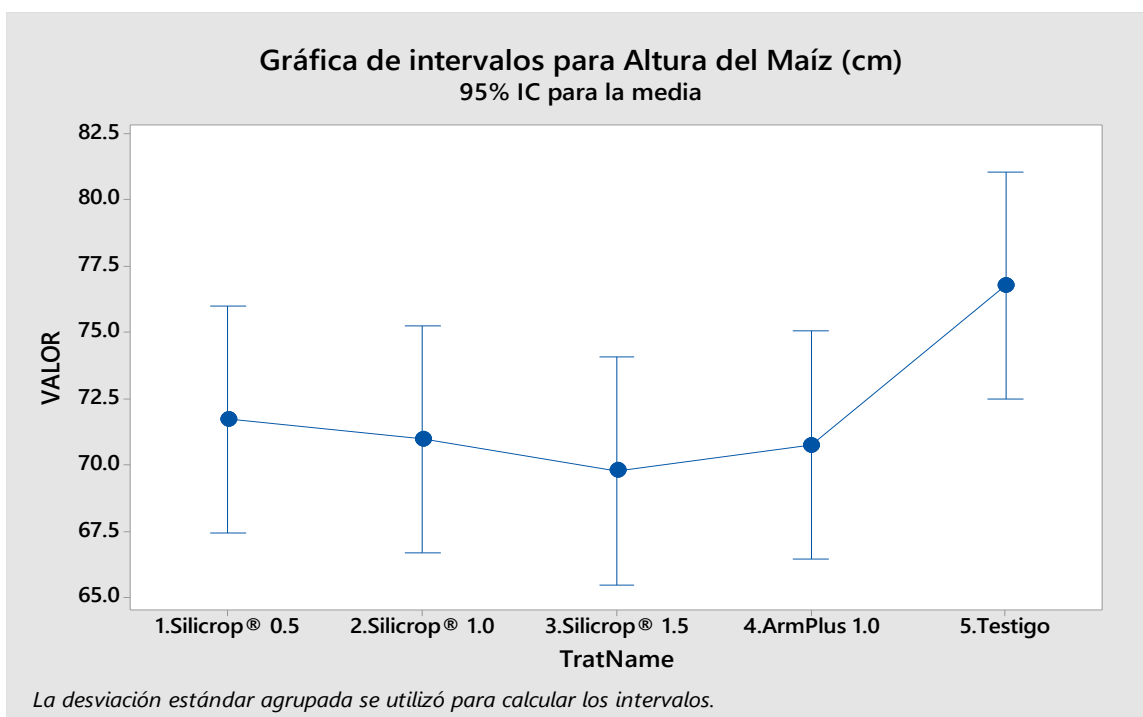


Figura 5. Grafica de intervalos para altura.

- **Anova de diámetro de tallo (cm) de maíz.**

El análisis de varianza para el parámetro de diámetro de tallo de la planta muestra diferencia estadística significativa entre los tratamientos, en donde el tratamiento 4 fue el que presentó la media más alta con 2.26 cm y el tratamiento 3 es el que muestra el resultado más bajo.

TratName	N	Media	Agrupación	
4.ArmPlus 1.0	160	2.2656	A	
1.Silicrop® 0.5	160	2.2563	A	B
2.Silicrop® 1.0	160	2.2188	A	B
5.Testigo	160	2.1775	A	B
3.Silicrop® 1.5	160	2.1088		B

Tabla 5. ANOVA diámetro de tallo. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

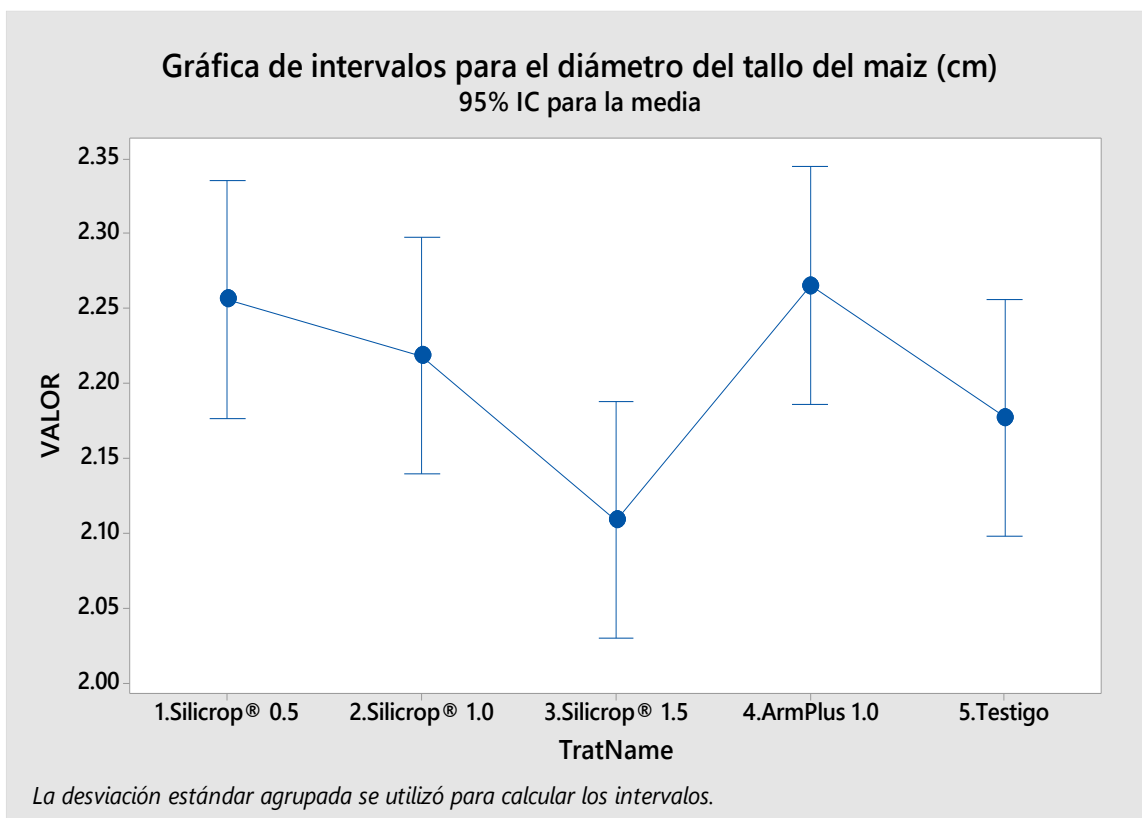


Figura 6. Grafica de intervalos para diámetro de tallo.

- **Anova de número de hojas de maíz.**

El análisis de varianza para el parámetro de número de hojas de la planta no muestra diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Sin embargo existe diferencia numérica donde el tratamiento 3 presenta la media más alta y el tratamiento 2 la más baja.

TratName	N	Media	Agrupación
3.Silicrop® 1.5	400	7.885	A
5.Testigo	400	7.838	A
1.Silicrop® 0.5	400	7.780	A
4.ArmPlus 1.0	400	7.713	A
2.Silicrop® 1.0	400	7.662	A

Tabla 6. ANOVA numero de hojas. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

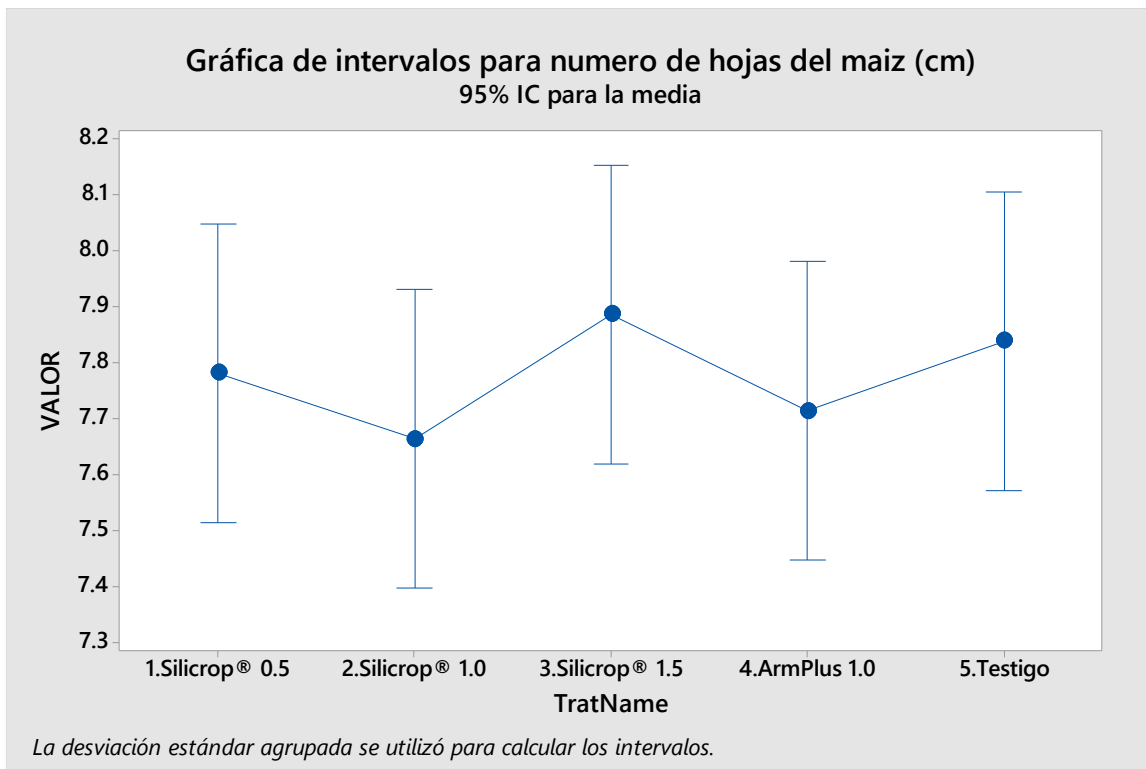


Figura 7. Grafica de intervalos para número de hojas.

- **Anova de ancho de hoja (cm) del maíz.**

El análisis de varianza para el parámetro de ancho de hoja de la planta muestra diferencia estadística significativa entre los tratamientos, en donde el tratamiento 3 fue el que presentó la media más alta con 11.26 cm y el tratamiento 4 es el que muestra el resultado más bajo.

TratName	N	Media	Agrupación	
3.Silicrop® 1.5	80	11.262	A	
1.Silicrop® 0.5	80	10.637	A	B
5.Testigo	80	10.275		B
2.Silicrop® 1.0	80	10.113		B
4.ArmPlus 1.0	80	9.813		B

Tabla 7. ANOVA ancho de hoja. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Semina et al (2020) reportan que aplicaciones de silicio contribuyeron a un aumento en el número de granos en la mazorca en un 13,6-26,7% en comparación con el control (tratamiento de agua), y fue más efectivo aplicarlo en una fase de siete a ocho hojas y doble tratamiento.

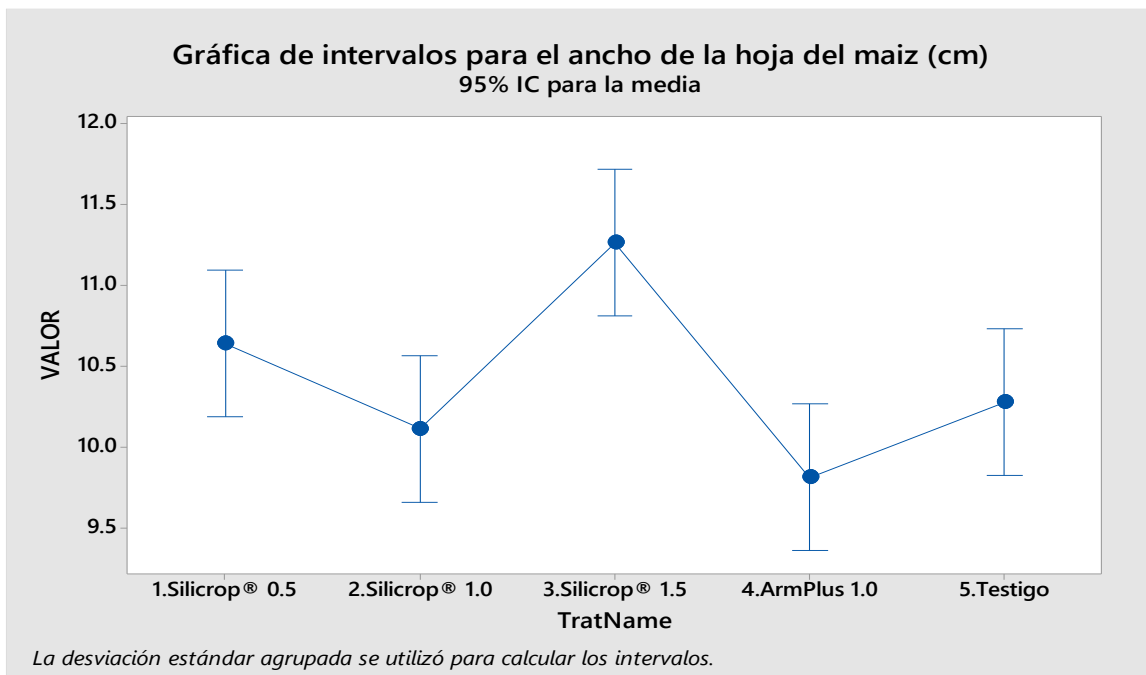


Figura 8. Grafica de intervalos para ancho de hoja.

- **Anova largo de hoja (cm).**

El análisis de varianza para el parámetro de largo de hoja de la planta muestra diferencia estadística significativa entre los tratamientos, en donde el tratamiento 3 fue el que presentó la media más alta con 102.65 cm y el tratamiento 4 es el que muestra el resultado más bajo.

TratName	N	Media	Agrupación		
3.Silicrop® 1.5	80	102.65	A		
1.Silicrop® 0.5	80	100.04	A	B	
5.Testigo	80	96.63		B	C
2.Silicrop® 1.0	80	95.825		B	C
4.ArmPlus 1.0	80	94.088			C

Tabla 8. ANOVA largo de hoja. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

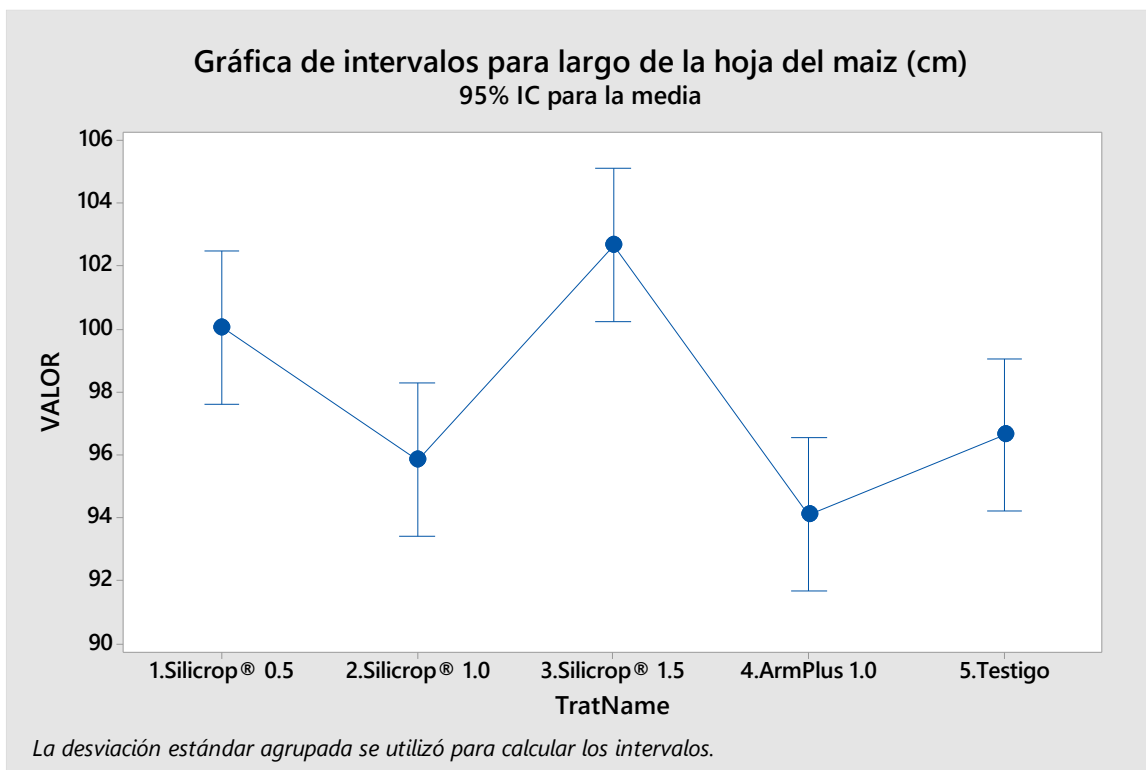


Figura 9. Grafica de intervalos para largo de hoja.

- **Porcentaje de sanidad del maíz.**

El porcentaje para el parámetro de sanidad de la planta muestra diferencia entre los tratamientos, en donde el tratamiento 4 fue el que presentó la media más alta con 30.50 % y el tratamiento 3 es el que muestra el resultado más bajo es decir menor daño en la planta.

TratName	N	Media
4.ArmPlus 1.0	40	30.50
2.Silicrop® 1.0	40	27.50
5.Testigo	40	26.27
1.Silicrop® 0.5	40	19.93
3.Silicrop® 1.5	40	19.90

Tabla 9. Medias de sanidad. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

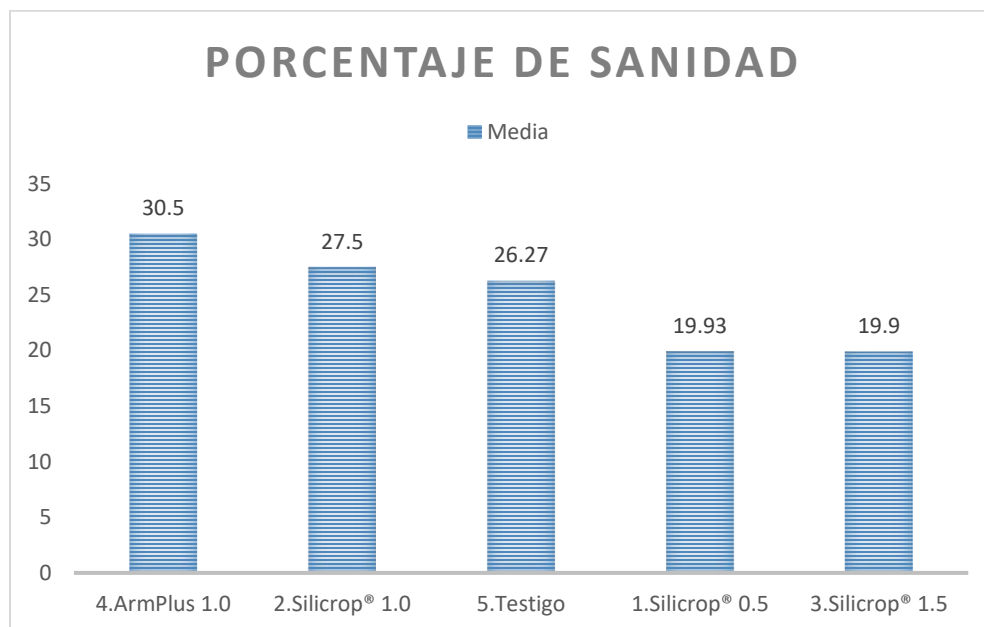


Figura 10. Grafica para porcentaje de sanidad.

- **Escala de vigor del maíz.**

El parámetro de vigor de la planta entre los tratamientos, muestra que el tratamiento 4 fue el que presentó la media más alta con 4.81 y el tratamiento 1 es el que muestra el resultado más bajo.

TratName	N	Media
4.ArmPlus 1.0	400	4.8100
3.Silicrop® 1.5	400	4.7250
2.Silicrop® 1.0	400	4.6800
5.Testigo	400	4.6000
1.Silicrop® 0.5	400	4.4400

Tabla 10. Medias de vigor. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

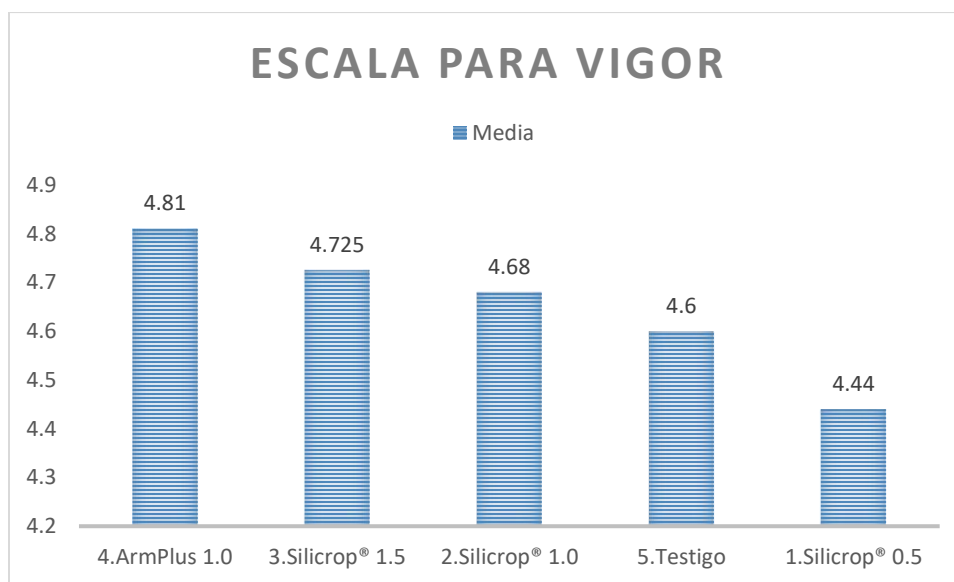


Figura 11. Grafica para escala de vigor.

CONCLUSIONES

La evolución de nuevos materiales (agroquímicos) es fundamental para incorporar otras alternativas al sector agrícola para el manejo de cultivos. En este sentido la aplicación de productos a base de silicio es una opción para mejorar el desarrollo y la sanidad en el cultivo del maíz.

El análisis de varianza para los parámetros de número de hojas y altura de planta del maíz no muestra diferencia estadística significativa.

Dentro de la investigación realizada en el cultivo de maíz se obtuvo una diferencia estadística significativa en el análisis de varianza para la variable de ancho de la hoja número 10, en donde el tratamiento 3 que pertenece al silicrop en una dosis de 1.5 litros por ha mostro un promedio de 11.262 cm contrario al tratamiento 4 perteneciente a Armplus que solo presento 9.813 cm.

Para la variable largo de la hoja número 10, también se presenta diferencia estadística significativa, en donde el tratamiento 3 que pertenece al silicrop en una dosis de 1.5 litros por ha mostro un promedio de 102.65 cm contrario al tratamiento 4 perteneciente a armplus que solo presento 94.088 cm siendo este último el más bajo resultado con una diferencia de 8 cm entre los tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, C. C., Tztzqui, G., P., Raya J. C. 2007. El silicio en los organismos vivos. *Interciencia*, 32(8), 504-509
- Buchelt, A.C., Teixeira, G.C.M., Oliveira, K.S. 2020. Silicon Contribution Via Nutrient Solution in Forage Plants to Mitigate Nitrogen, Potassium, Calcium, Magnesium, and Sulfur Deficiency. *J Soil Sci Plant Nutr* 20: 1532–1548.
- Cárdenas C.A. 2013. Efecto de diferentes concentraciones de Silicio, adicionado al suelo en el cultivo de Chile Habanero a cielo abierto. *Revista Biológico Agropecuaria*(2) : 1-10
- Castellanos González, L., de Mello Prado, R., & Silva Campos, C. N. (2015). El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36, 16-24.
- Castellanos González, L., R. de Mello Prado, C. N. Silva Campos, y G. Barbosa da Silva Júnior Fiallos. 2020. Desarrollo De La Mancha Foliar Por *Bipolaris Maydis* (teleomorfo: *Cochliobolus Heterostrophus*) En maíz Dulce, En función De nitrógeno, Potasio Y Silicio En Invernadero. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 21 (3): 1-15.
- Davis, F.M., S. S. Ng, and W.P. Williams. 1992. Visual ratings scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. *Miss. Agric. Forestry Exp. Stn. Tech. Bull.* 186.
- Dehghanipoodeh, S., Ghobadi, C., Baninasab, B., Gheysari, M., y Shiranibidabadi, S. (2018). Effect of Silicon on Growth and Development of Strawberry under Water Deficit Conditions. *Horticultural Plant Journal*, 4(6), 226-232.
- Dios-Delgado, I.; Sandoval-Villa, M.; Rodríguez-Mendoza, M.; Cárdenas-Soriano, E . 2006. Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga Terra Latinoamericana, vol. 24 (1): 91-98
- Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 91(1), 11- 17.
- Frew, A., Weston, L. A., Reynolds, O. L., & Gurr, G. M. 2018. The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. *Annals of Botany*, 121(7): 1265-1273

- Furcal-Beriguete, P. y Herrera-Barrantes, A. .2013 Efecto del silicio y plaguicidas en la fertilidad del suelo y rendimiento del arroz. *Agron. Mesoam* , 24(.2): 357-364
- Goussain, M. M.; Moraes, J. C.; Carvalho, J. G.; Nogueira, N. L. y Rossi, M. L. 2002. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 31 (2): 305-310.
- Gutierrez, C.; Mistretta. G; Zamora R. G;. Peralta, F.; Golato, D.; Juárez, G. ; o Ruiz. M; Dora Paz, D. y Cárdenas, G.(2018). Contenido de sílice total en cenizas de residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar (RAC) en Tucumán, Argentina. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán Tomo 95 (1): 21-26.*
- Hassan, H. H., Huthily, K. H., & Mohsen, K. H. 2019. Effect of humic acid and silicon on some growth characteristics of maize (*Zea mays* L.). *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 32(2): 23-32
- Hernández Valencia, R. D., Juárez Maldonado, A., Pérez Hernández, A., Lozano Cavazos, C. J., Zermeño González, A., y González Fuentes, J. A. 2022. Influencia de fertilizantes orgánicos y del silicio sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad nutracéutica del cultivo de fresa. *Nova Scientia*, 14(28): 1-16.
- Nyawade, S., Gitari, H. I., Karanja, N. N., Gachene, C. K., Schulte-Geldermann, E., Sharma, K., & Parker, M. L. 2020. Enhancing climate resilience of rain-fed potato through legume intercropping and silicon application. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 4: 202.
- Raya Pérez, Juan Carlos; Aguirre Mancilla, César L. 2012. El Papel del Silicio en los Organismos y Ecosistemas *Conciencia Tecnológica*, núm. 43:42-46.
- Sawas, D.; Giotis, D.; Chatzieustratiou, E.; Bakea, M. and Patakioutas, G. 2009. Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections . *Environ. Exp. Bot.* 65(1):11-17.

- Viana, JE. 2008. Importancia del silicio en la nutrición vegetal. Agromil. Tolima, Colombia. <http://www.silicioagromil.com>.
- Villalón-Mendoza, H. , Castillo-Villarreal, M., Garza-Ocañas F., Guevara-González J. y Sánchez-Castillo L.(2018). Dióxido de silicio como estimulante del índice de calidad de plantas de chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) producidas en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 9 (50): 1-10
- Wagner, B. 2006. roductos alternativos para el manejo de enfermedades en cultivos comerciales. Fitosanidad. 10(2):85-98.
- Semina, S.A.; Gavryushina, I.V.; Nikulina, E.V., Penza 2020. THE FORMATION OF CORN GRAIN YIELD WHEN USING SILICONCONTAINING PREPARATIONS. Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXIII, No. 1.

ANEXOS



Figura 12. Preparación de tratamientos.



Figura 13. Equipo de aplicación.



Figura 14. Identificación de plantas evaluadas.



Figura 15. Medición de altura de planta.



Figura 16. Segunda aplicación etapa V10.