



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA AGRÍCOLA

**INFORME TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÍCOLA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFFECTO DEL SILICIO Y BIOESTIMULANTES SOBRE EL
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L) AMARILLO
DURO**

AUTORES:

**ALEX JOSÉ AGUAYO ZAMBRANO
GEMA PAOLA CRUZ LÓPEZ**

TUTOR:

ING. LUIS ENRIQUE PÁRRAGA MUÑOZ, MG.

CALCETA, JULIO 2020

DERECHOS DE AUTORIA

ALEX JOSÉ AGUAYO ZAMBRANO Y GEMA PAOLA CRUZ LÓPEZ, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

Alex Aguayo Z.

ALEX JOSÉ AGUAYO ZAMBRANO

Paola Cruz

GEMA PAOLA CRUZ LÓPEZ

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Ing. Enrique Párraga Muñoz, Mg., certifica haber tutelado el trabajo de titulación **EFFECTO DEL SILICIO Y BIOESTIMULANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays* L) AMARILLO DURO** que ha sido desarrollada por Alex José Aguayo Zambrano y Gema Paola Cruz López, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López.



ING. LUIS ENRIQUE PARRAGA MUÑOZ, MG.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han APROBADO el trabajo de titulación **EFFECTO DEL SILICIO Y BIOESTIMULANTES SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays* L) AMARILLO DURO** que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Alex José Aguayo Zambrano y Gema Paola Cruz López, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



ING. SERGIO VÉLEZ ZAMBRANO M.Sc
MIEMBRO



ING. CRISTIAN VALDIVIESO LÓPEZ, M.Sc
MIEMBRO



ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, M.Sc
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí por acogernos en sus aulas y brindarnos una educación superior de calidad en nuestra formación profesional

A Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y brindarnos una vida llena de aprendizajes y experiencias. A nuestros Padres por el apoyo incondicional brindado durante estos 5 años de carrera

Al Ingeniero Galo Cedeño por habernos guiado con gran sabiduría en el desarrollo y ejecución de nuestro trabajo de investigación. A nuestros docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola por ayudarnos en nuestra formación profesional.

LOS AUTORES

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios Padre por ser el principal promotor de nuestras vidas, y por ser quien estuvo siempre ayudándonos a seguir adelante y no desmayar frente a las adversidades

A nuestra familia por su apoyo, consejos, comprensión y sobre todo amor, así mismo por ayudarnos con los recursos necesarios para poder realizar nuestros estudios.

A don Alfredo Pinargote quién estuvo desde el principio ayudándonos en el trabajo de campo, guiándonos con paciencia y sabiduría al Ing. Galo Cedeño y así mismo al Ing. Sergio Vélez por ser quienes nos ayudaron durante todo el proceso de nuestro proyecto de investigación

A cada uno de nuestros docentes por impartir conocimientos y formación profesional más de 5 años.

LOS AUTORES

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS	iix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
CAPITULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPOTESIS.....	3
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	4
2.1. GENERALIDADES DEL MAÍZ	4
2.2. TAXONOMÍA DEL MAÍZ	5
2.3. MORFOLOGÍA.....	5
2.4. ETAPAS VEGETATIVAS DEL MAÍZ.....	6
2.5. BIOESTIMULANTES	7
2.5.1. COMO SE USAN LOS BIOESTIMULANTES.....	7
2.6. TIPOS DE BIOESTIMULANTES.....	8
2.6.1. BIOESTIMULANTES A BASE DE ALGAS MARINAS.....	8
2.6.2. BIOESTIMULANTES A BASE DE ÁCIDO HÚMICO	9
2.6.3. BIOESTIMULANTES A BASE DE FITOHORMONAS.....	9
2.7. SUSTANCIAS REGULADORES DE CRECIMIENTO	10
2.7.1. AUXINAS.....	11
2.7.2. GIBERELINAS.....	11
2.7.3. LAS CITOQUININAS	11
2.7.3.1. ROL DE LAS CITOQUININAS	12

2.8. EL SILICIO EN LA AGRICULTURA	12
2.8.1. EL SILICIO EN LAS PLANTAS.....	12
2.8.2. PAPEL DEL SILICIO EN LA RESISTENCIAS DE PLAGAS AGRÍCOLAS	13
2.8.3. MECANISMO DE ACCIÓN	14
CAPITULO III. DISEÑO METODOLÒGICO	15
3.1. UBICACIÓN.....	15
3.2. FACTORES EN ESTUDIO.....	15
3.2.1.BIOESTIMULANTES	15
3.2.2.DOSIS DE SILICIO	15
3.3. TRATAMIENTOS.....	15
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
3.4.1. ESQUEMA DEL ADEVA	16
3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	16
3.6. MATERIAL VEGETAL.....	16
3.7. ESPECIFICACIONES DEL EXPERIMENTO	16
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO	17
3.9. VARIABLES A MEDIR	18
3.9.1. VARIABLES RESPUESTA	18
3.10. ANÁLISIS DE DATOS.....	19
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	25
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXOS.....	30

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros:

Cuadro 3.1. Identificación de tratamientos con sus respectivos codigos	14
Cuadro 3.2. Esquema de Adevas.....	15

Tablas:

Tabla 2.1. Taxonomía del maiz.....	5
Tabla 4.1. Significancia estadística de las variables evaluadas.	19
Tabla 4.2. Significancia estadística de las variables evaluadas.	20
Tabla 4.3. Significancia estadística de la variable evaluada.....	21

Figuras:

Figura 1. Contraste ortogonal entre rendimiento de tratamientos vs rendimiento del tratamiento testigo.....	20
Figura 2. Contraste ortogonal entre rendimiento de tratamientos vs rendimiento del tratamiento testigo.....	21

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de aplicaciones combinadas de Silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del maíz amarillo duro. Por lo consiguiente se evaluaron 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. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con dos factores en estudio AxB+2 con 9 tratamientos, 3 réplicas y un total de 33 unidades experimentales. Las principales variables a evaluar fueron los siguientes: Altura de planta (m), Número de hileras de grano/mazorca, Numero de granos por hilera, Peso de granos por mazorca, Longitud de mazorca (cm), Diámetro de mazorca (cm), Peso de mazorca en kg, y Rendimiento del maíz. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. 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.

PALABRAS CLAVE

Bioestimulantes, silicio, variables, maíz amarillo, rendimiento.

ABSTRACT

The present investigation had as objective to evaluate the efficacy of combined applications of Silicon and biostimulants on the yield of hard yellow corn. Therefore, 3 types of biostimulants (algae extract, phytohormones, humic acid) were evaluated in interaction with different doses of silicon (5 mL L⁻¹ (1 L ha⁻¹), 10 mL L⁻¹ (2 L ha⁻¹), 15 mL L⁻¹ (3 L ha⁻¹)) as well as an absolute witness and a silicon witness. A completely randomized block design (DBCA) was used with two factors in the AxB + 2 study with 9 treatments, 3 replicates and a total of 33 experimental units. The main variables to be evaluated were the following: plant height (m), Number of rows of grain / corn, Number of grains per row, grain weight per corn, corn length (cm), corn diameter (cm), corn weight in kg, and corn yield. The data were subjected to analysis of variance and the separation of means with the Tukey test at 5% probability of error. The results in this investigation determined that the yield of hard yellow corn was not significantly influenced ($p > 0.05$) by the evaluated treatments. The orthogonal contrast analysis performed between treatments vs. the control was statistically significant ($p < 0.05$). On the other hand, the orthogonal contrast performed between biostimulants vs. silicon did not show significant statistical differences ($p > 0.05$), which indicates that both silicon and the other biostimulants can be used in isolation and would produce the same effects on performance.

KEYWORDS

Biostimulants, silicon, variables, yellow corn yield

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial el cultivo del maíz es uno de los más utilizados en el mundo tanto para la alimentación humana como para los animales. El continente Americano es el que produce gran cantidad, cerca del 54,49%, el segundo lugar le corresponde al continente Asiático con un 27,34%, luego sigue Europa con 11,29% y finalmente entre África y Oceanía suman el 6,94% (Borja, 2017).

Por otro lado, menciona MAGAP (2015) que en Ecuador el rendimiento promedio cosechado del cultivo de maíz duro seco del año 2014 fue de 4,9 t/ha; la zona con más rendimiento fue la de los ríos con un promedio de 6,10 t/ha y Guayas con 5,99 t/ha, mientras que Santa Elena, Loja y Manabí constituyen como áreas con productividad más baja que las anteriores mencionadas con rendimientos de 4,39 t/ha, 3,96 t/ha y 3,59 t/ha.

En Manabí la ausencia en el uso de tecnologías adecuadas, el tipo de sistemas de producción, y el inadecuado uso de fertilizantes resultan ser causantes de los bajos rendimientos del cultivo de maíz (Ayala *et al.*, 2013). Otro factor limitante es el medio ambiente ya que cuando existen problemas de sequías o poca disponibilidad de agua, afectan al cultivo causándoles estrés hídrico. Por ello ante estas condiciones algunos investigadores han comprobado la potencialidad del silicio debido a que mejora la tolerancia a las sequías, retrasa la defoliación prematura actuando como aislante ante factores ambientales adversos (Quiroga, 2016).

Así mismo se están usando productos llamados: bioestimulantes, los cuales permiten obtener algunos beneficios como reducir el estrés, reducir el uso de fertilizantes, mejorar la calidad del producto cosechado y proveer mayor resistencia a plagas y enfermedades (Granados, 2015).

Por lo expuesto se plantea la siguiente interrogante. ¿De qué manera la combinación de silicio con bioestimulantes contribuirá en el rendimiento del maíz amarillo?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Frente a las limitaciones que se presentan en el cultivo de maíz, una de las alternativas más viables para el incremento de la productividad y la producción, es el uso de bioestimulantes nutricionales de origen vegetal, ya que promueven el crecimiento y mejoran el rendimiento del cultivo (Hidalgo, 2011).

En agricultura, los bioestimulantes son materiales orgánicos y microorganismos que se utilizan para mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento, mejorar la tolerancia al estrés y la calidad de los cultivos. Estas sustancias han demostrado gran potencial para modificar la fisiología de las plantas, promover su crecimiento y mejorar su respuesta al estrés; su acción se distingue de la de nutrientes y pesticidas (Veobides *et al.*, 2018).

Por otro lado el silicio (Si), puede ocasionar efectos benéficos para algunos cultivos como son resistencia a plagas, tolerancia a la toxicidad por metales pesados, al estrés hídrico, efecto en la actividad de las enzimas y aumento en la tasa fotosintética. Este elemento químico puede conferir resistencia a las plantas por su deposición, formando una barrera mecánica, y por su acción como inductor del proceso de resistencia (Castellanos *et al.*, 2015).

La presente investigación pretende determinar la eficacia del silicio combinado con bioestimulantes que serán aplicados directamente al cultivo de maíz en la provincia de Manabí. La dirección de esta investigación está enfocada en la búsqueda de nuevas técnicas para el aumento del rendimiento del cultivo de maíz amarillo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la eficacia de aplicaciones combinadas de silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del maíz amarillo duro.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar la eficacia de combinaciones de silicio y bioestimulantes sobre los componentes de rendimiento en maíz amarillo duro.
- Medir el efecto simple de tres bioestimulantes sobre el rendimiento de maíz amarillo duro.

1.4. HIPÓTESIS

Las aplicaciones combinadas de silicio y bioestimulantes son eficaces para incrementar el rendimiento del maíz amarillo duro.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL MAÍZ

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo de ciclo corto de gran importancia a nivel mundial perteneciente a la familia de las Poaceas, este se caracteriza por ser una planta monoica; es decir que posee flores incompletas en donde sus aparatos reproductores femenino y masculino se encuentran separados en distintas inflorescencias pero en el mismo pie (Sauthier y Castaño, 2004). Por otro lado Borja (2017) indica que a nivel mundial se obtiene 645'414.836,10 t de maíz.

Gran cantidad de tierras en el Ecuador son destinadas al sembrío del cultivo, en donde se lo encuentra en varias provincias como; Azuay, Pichincha, Loja, por otro lado se presenta en menor cantidad en Chimborazo, Bolívar, Tungurahua e Imbabura (región sierra). Además se siembra también en las provincias de la costa como Manabí, Esmeraldas y Guayas (Contreras, 2017).

En las provincias de Guayas y Los Ríos se concentra el 76% de la producción nacional, con producciones que alcanzan en Los Ríos las 684,142 T. y en Guayas las 238,391 T. Estas mismas provincias destinan 156,565 y 49,927 hectáreas a la producción de maíz respectivamente. En Guayas y Los Ríos también se registran los rendimientos más altos del país, con 5,15 t/ha. en Guayas y 4,56 t/ha. en Los Ríos (Mera y Montaña, 2015).

2.2. TAXONOMÍA DEL MAÍZ

De acuerdo a Guzmán (2017) el maíz taxonómicamente se encuentra clasificado como se evidencia en la tabla 2.1.

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.

2.3. MORFOLOGÍA

Según Guacho (2014) el maíz se encuentra estructurado en diferentes partes las cuales se exponen a continuación:

La raíz de esta planta se caracteriza por ser fasciculada. Sin embargo, el mismo autor manifiesta que en ocasiones estas pueden presentar nudos en las raíces a nivel del suelo las cuales pueden suceder en raíces adventicias.

Seguidamente el mismo autor expresa que el tallo es de “forma simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud elevada pudiendo alcanzar los 4 metros de altura (p7).

La flor es de gran importancia ya que es la estructura reproductiva de la planta, en donde finalmente el mismo autor menciona que se diferencia a otras ya que

“Es una planta monoica pues presenta inflorescencia masculina y femenina separadas dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula de coloración amarilla en las que posee entre 20 a 25 millones de granos de polen. En cambio la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentra las semillas agrupadas a lo largo del eje” (7).

Las hojas cumplen la función de la fotosíntesis por otra parte estas presenta características propias en la que (Badillo 2016) las detalla como “lineares de nervadura paralela, constan en si de una vaina cuello y la lámina foliar propiamente dicha, son de borde liso y terminan aguzadas, alcanzando longitudes de más de 1m” (p10).

El fruto se caracteriza por ser de gran importancia para el consumo alimenticio por ello Badillo (2016) lo describe como “un fruto independiente llamado cariósipide que esta insertado en el raquis cilíndrico u elote, el número de líneas de cada mazorca varía entre 10 y 25” (p11).

2.4. ETAPAS VEGETATIVAS DEL MAÍZ

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

- 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).

2.5. BIOESTIMULANTES

Según Kolling *et al.*, (2016) se denomina bioestimulantes a aquellos que poseen una mezcla de reguladores vegetales en conjunto con otros compuestos tales como: aminoácidos, nutrientes, vitaminas, etc. Estos compuestos de naturaleza bioquímica favorecen la expresión del potencial genético por medio de cambios en los procesos vitales y estructurales de la planta, ayudando a estimular el desarrollo de las raíces.

Menciona el mismo autor que los bioestimulantes ejercen en las plantas la capacidad de absorción de agua y de nutrientes así mismo brindan resistencia a las tensiones hídricas, permitiendo un óptimo desarrollo de las plantas.

Los bioestimulantes son usados como técnica agronómica para optimizar la productividad en los cultivos, ya que intervienen en los órganos vegetativos de las plantas modificándolos morfológicamente, de manera que el crecimiento y el desarrollo de ellos son promovidos, lo que influye de manera positiva sobre los procesos fisiológicos ejerciendo un control en la acción meristemática. Los bioestimulantes forman parte del grupo denominado hormonas vegetales y se pueden citar; las auxinas, citoquininas, las giberilinas, los retardadores, los inhibidores y el etileno (Cabrera *et al.*, 2011).

El uso de productos que cumplen funciones bioestimulantes en el crecimiento de los cultivos proporcionan la base de fertilidad en el suelo. Cuando estos productos son aplicados en diferentes plantas cumplen varias funciones como; mejorar la resistencia al frío, aumentar los rendimientos y tolerar la salinidad. Dentro de este grupo existen productos que tienen en común la mejora del estado vegetativo de la planta (Amaral *et al.*, 2008).

2.5.1. ¿CÓMO SE USAN LOS BIOESTIMULANTES?

La aplicación de un bioestimulante se lo puede realizar de forma foliar (a la hoja) o directamente al suelo (de forma edáfica), estos se aplican solos. Algunos de estos productos se pueden usar en una mezcla con insecticidas, fungicidas u otros fertilizantes solubles, pero antes se debe comprobar si existe compatibilidad entre el bioestimulante y el otro producto a usar, para que no se precipite, caso contrario no es recomendable realizar la mezcla (Guerrero, 2006).

2.6. TIPOS DE BIOESTIMULANTES

2.6.1. BIOESTIMULANTES A BASE DE ALGAS MARINAS

Las algas marinas también conocidas como *Ascophyllum nodosum* (L.) son utilizadas en gran mayoría como bioestimuladores en la cual contienen aminoácidos (alanina, ácido aspártico y ácido glutámico, glicina, isoleucina, leucina, lisina, prolina, tirosina, triptofano y valina) carbohidratos y concentraciones importantes de nutrientes tales como: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu y Zn; de la misma forma poseen hormonas de crecimientos (auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico) elicitores de resistencia y auxiliares del transporte de micronutrientes, provocando el crecimiento vegetativo y la óptima calidad de los frutos Vieira (Vieira *et al.*, 2014).

Las macroalgas contienen nutrientes, vitaminas, hormonas de crecimiento y ácido abscísico que en conjunto intervienen sobre el desarrollo vegetal. Estas algas cumplen la función de proteger a la planta frente al ataque de fitopatógenos y así mismo brindan resistencia en los vegetales (Alves *et al.*, 2012).

2.6.2. BIOESTIMULANTE A BASE DE ÁCIDO HÚMICO

Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de la materia orgánica; brinda a los cultivos la capacidad de retener agua y contribuir significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo, provocando así un crecimiento excepcional en la planta y en el incremento en la absorción de nutrientes. Los ácidos húmicos y los fulvicos realizan un efecto positivo sobre los órganos y células de las plantas (Flores, 2009).

Los ácidos húmicos causan efectos positivos en el crecimiento y el desarrollo de los cultivos. Estos efectos son producto del incremento en la acumulación de nutrientes y en la biomasa vegetal. Los factores que influyen en la actuación del metabolismo de las plantas son; la concentración aplicada y la fuente de materia orgánica utilizada para los ácidos húmicos (Borgues *et al.*, 2014).

Las plantas consumen el ácido húmico directa e indirectamente, donde luego de ser consumido aumenta de permeabilidad de las membranas celulares, en el metabolismo energético, la síntesis de proteína, aumento de los ácidos nucleico además el ácido húmico logra mejorar la CIC, efecto tampón y acción contra los patógenos presentes del suelo. Otra función importante es que brinda un amplio rango de microorganismos del suelo como; algas, bacterias, hongos, levaduras, diatomeas y dinoflagelos (Hidalgo, 2011).

2.6.3. BIOSTIMULANTES A BASE DE FITOHORMONAS

Según Casaverde (2014) las fitohormonas se definen como compuestos orgánicos que se concentran en una parte de la planta para luego trasladarse a otra parte, donde a muy baja concentraciones ejerce una respuesta fisiológica. Estas pertenecen a 5 grupos conocidos de compuestos que ocurren en forma natural cada uno de los cuales exhibe propiedades fuertes de regulación del crecimiento de plantas.

El mismo autor menciona que las hormonas vegetales controlan un gran número de sucesos, entre ellos el crecimiento de las plantas, incluyendo sus raíces, la

caída de las hojas, la floración, la formación del fruto y la germinación. Una hormona interviene en varios procesos y del mismo modo todo proceso está regulado por la acción de varias hormonas.

2.7. SUSTANCIAS REGULADORES DE CRECIMIENTO

Los reguladores de crecimiento son sustancias químicas sintéticas, estos actúan en la regulación del crecimiento y desarrollo de planta como indicador químico. Así mismo se unen a receptores en la planta y liberan una serie de cambios celulares, que de una u otra forma afectan el comienzo o modificación del desarrollo de órganos o tejidos (Kappes *et al.*, 2011).

Los reguladores de crecimiento se aplican directamente en las plantas con el fin de alterar procesos vitales o estructurales, esto debido a cambios en el balance hormonal de los vegetales. El objetivo principal de la utilización de los reguladores de crecimiento es reducir el desarrollo longitudinal indeseable de la parte aérea de las plantas, sin provocar una baja producción (Kappes *et al.*, 2011).

Por otro lado, Lima *et al* (2011) menciona que dentro de los grupos de reguladores vegetales naturalmente producidos por las plantas se encuentran las citocinas, giberelinas, auxina y etileno. Cada una de estas sustancias son eficaces cuando se aplican en bajas dosis, beneficiando el desempeño de los procesos vitales de las plantas y obteniendo como resultado cultivos de buena calidad y la mejora de cosechas, además de garantizar ingresos satisfactorios en condiciones ambientales adversas.

2.7.1. AUXINAS

Las Auxinas son fitohormonas que intervienen en la actividad del cambium, cumple varias funciones en la planta tales como; provocar la elongación y multiplicación celular en el cambium, la inhibición de las caídas de flores y frutos, la diferenciación del xilema y floema y el crecimiento de las partes florales, mantienen dominancia apical. De forma más clara estas sustancias actúan

directamente en el alargamiento en tallos raíces, hojas, flores y frutos en desarrollo.

2.7.2. GIBERELINAS

Manifiesta Casaverde (2014) las giberelinas son hormonas de crecimiento involucrados en varios procesos de desarrollo de los cultivos y cumple funciones vitales tales como; la de inhibir la formación de órganos, rompen la latencia de semillas y yemas, causa el desarrollo uniforme del fruto, la floración y la síntesis e inducción de enzimas, contrarrestan el letargo, causan un control de elongación del tallo, también actúan en el crecimiento y producción de flores, cuajado y desarrollo de los frutos.

2.7.3. LAS CITOQUININAS

Son compuestos hormonales que actúan en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, así mismo regulan numerosos procesos biológicos y fisiológicos en los cultivos. Así, por ejemplo: disminuyen la dominancia apical, permitiendo el crecimiento de ramificaciones laterales, tienen actividad sobre la síntesis de proteínas, influyen sobre el transporte de nutrientes, inducen la partenocarpia de algunos frutos, poseen acción promotora en la translocación de nutrientes lo cual se observa en las hojas. Además regulan algunos procesos fisiológicos como lo es el de la fotosíntesis y también le brindan tolerancia a la planta ante herbívoros (Villatoro, 2014).

2.7.3.1. ROL DE LAS CITOQUININAS

Las citoquininas al ser aplicadas en forma exógena a las plantas, pueden estimular una serie de procesos fisiológicos, metabólicos, bioquímicos y de desarrollo. La principal respuesta corresponde a las promoción de la división y elongación celular a través de un incremento de la plasticidad de las paredes celulares (Villatoro, 2014).

2.8. EL SILICIO EN LA AGRICULTURA

Se dice que el silicio es el segundo elemento más abundante de la corteza terrestre ya que los compuestos de Si constituyen más del 60% de los compuestos del suelo y su concentración en forma soluble, como el ácido silícico que está entre 35 y 40mg·l⁻¹ o 0,1 a 0,6mm (Aguirre *et al.*, 2007).

También se estima que el silicio tiene varios efectos sobre los vegetales, ya que al presentarse una infección en la planta sería menos severa y este retrasaría la aparición de la enfermedad, reduciendo su incidencia ya que sincronizaría la respuesta de la planta al patógeno (Raya y Aguirre, 2012).

2.8.1. EL SILICIO EN LAS PLANTAS

Mediante las raíces el Si es absorbido y por ende este es transportado a la parte aérea de la planta y es posteriormente depositado intra o extracelularmente en los tejidos vegetales como sílice amorfa hidratada (SiO₂ · nH₂O). En cambio el silicio en algunas gramíneas, como el maíz, arroz y sorgo, la sílice es totalmente depositado de forma de cuerpos silicosos, directamente en las células epidérmicas, en los estomas y tricomas foliares (Castellanos *et al.*, 2015). Sin embargo el Si se absorbe a través de las proteínas específicas de membranas, lo que le garantiza a la planta la acumulación de Si, independiente de la gradiente de concentración.

Con el Si en la planta se logra disminuir los efectos de deficiencia o excesos de nutrimentos como el manganeso y el aluminio, aumentando la interceptación de luz (mayor tasa fotosintética) y logra reducir la susceptibilidad de enfermedades causadas por hongos (Castellanos *et al.*, 2015).

Según Botelho, *et al* (2005) considera que el Si es un elemento útil o beneficioso para las plantas, ya que las plantas en un ambiente enriquecido con silicio difieren de las cultivadas con deficiencia del elemento, principalmente, en la

composición química resistencia mecánica de las células, tolerancia al estrés abiótico y a la aparición de plagas y enfermedades.

2.8.2. PAPEL DEL SILICIO EN LA RESISTENCIA DE PLAGAS AGRÍCOLAS

El Si en la resistencia de insectos plagas juega un papel muy fundamental ya que ha sido atribuido en gran parte a su acumulación y a la polimerización en las paredes celulares, lo cual constituye una barrera mecánica contra el ataque de plagas. Este compuesto se acumula en la epidermis y se asocia con la pectina e iones de calcio, esta endurece el tejido y lo protege del ingreso de los patógenos de las plantas (Orejuela, 2010).

2.8.3. MECANISMO DE ACCIÓN

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, 2017).

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.3.1. ESQUEMA DEL ADEVA

Se utilizó el Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con dos factores en estudio $A \times B + 2$

Cuadro 3.2. Esquema de ADEVA

ANOVA		
FUENTE DE VARIACIÓN	FORMULA	GRADOS DE LIBERTAD
Total	$rt-1$	32
Tratamientos	$t-1$	10
Error Experimental	$t(r-1)$	22
Bioestimulantes (A)	A-1	2
Dosis de silicio (B)	B-1	2
AxB	(A)(B)	4

3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 32 m² (6 surcos de 8 m de largo espaciados a 0,75 m). Se trabajó con nueve tratamientos, un testigo absoluto y un testigo con silicio, con tres replicas para cada tratamiento, obteniendo un total de 33 unidades experimentales.

3.5. MATERIAL VEGETAL

Hibrido de maíz Batalla

3.6. ESPECIFICACIONES DEL EXPERIMENTO

Total de unidades experimentales: 33

Ancho de la parcela: 5 m

Longitud de la parcela: 8 m

Distancia entre tratamientos: 1,5 m

Distancia entre repeticiones 1,5 m

Número de hileras: 6

Plantas por hilera: 40

Total de plantas 7920

Distancia entre hilera 0,75 m

Distancia entre planta 0.20m

Área de parcela: (8m x 5 m) = 40 m²

Plantas útil por parcela = 10

Área útil del experimento: (30m x 60m): 1800 m²

3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

- **Preparación del terreno**

Para la preparación del terreno se realizó un pase de arado profundo y dos pases de rastra en ambos sentidos con la finalidad de que el suelo quede completamente mullido y así obtener una buena germinación de la semilla

- **Trazado de parcelas**

Las parcelas se trazaron con las dimensiones establecidas para el ensayo, utilizando flexómetro, combo, estacas, piola, dejando cincuenta centímetros de caminos.

- **Siembra.**

La siembra se realizó de forma manual, utilizando espeque y depositando una semilla por golpe. El distanciamiento utilizado fue de 0,75 m entre hileras y 0.20 m entre planta

- **Control de malezas**

Para el control de malezas se utilizaron productos químicos pre y post emergentes.

- **Riego**

Se lo realizó por inundación con la ayuda de una bomba y tuberías cada 8 días

- **Fertilización**

La fertilización se la realizó con Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K) luego de cada riego

- **Aplicación de los productos (Bioestimulantes y silicio)**

Se aplicó el silicio y los bioestimulantes ambos de forma líquida en la parte foliar. Se utilizó tres bioestimulantes: a base de algas marinas, a base de fitohormonas y a base de ácido húmico, en diferentes dosis de aplicación, realizándose 3 aplicaciones.

- **Cosecha**

La cosecha se realizó en cada uno de las parcelas experimentales de forma manual

3.8. VARIABLES A MEDIR

3.8.1. VARIABLES RESPUESTA

- **Altura de planta (m).**- Se tomaron 10 plantas al azar por tratamiento, midiendo la altura en metros, desde la base del suelo hasta el inicio de la espiga
- **Número de hileras de grano/mazorca.**- Al momento de la cosecha se tomaron al azar 10 mazorcas por parcela y se estableció el número de hileras de granos por mazorca.
- **Numero de granos por hilera:** Al momento de la cosecha se tomaron al azar 10 mazorcas por parcela y se realizó el conteo de número de granos por hilera.

- **Peso de granos por mazorca:** Al momento de la cosecha se tomaron al azar 10 mazorcas por parcela y se realizó el peso de granos por mazorca.
- **Longitud de mazorca (cm):** Después de la cosecha, de cada parcela útil se midió en centímetros 10 mazorcas al azar y posteriormente se sacó el promedio.
- **Diámetro de mazorca (cm):** Del área útil, se tomaron 10 mazorcas al azar y con un calibrador se midió el diámetro, por la parte central de la mazorca y posteriormente se obtuvo el promedio
- **Peso de mazorca en kg:** Se pesaron 10 mazorcas de la parcela útil y se obtuvo el promedio.
- **Rendimiento:** El rendimiento se determinó por el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada 14% de humedad y transformados a kg ha^{-1} . Para uniformizar el peso se empleó la siguiente fórmula:

$$PU(14\%) = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

Pa = Peso actual (kg)

Ha = Humedad actual (%)

Hd = Humedad deseada

Para expresar el rendimiento en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ se utilizó la fórmula siguiente:

$$Rend (\text{kg ha}^{-1}) = \frac{PU (10000 \text{ m}^2)}{\text{Área parcela útil (m}^2\text{)}}$$

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

3.9. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza aplicado a las variables de crecimiento como altura de planta, longitud de mazorca y diámetro de mazorca no mostró diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$), entre tratamientos, lo cual indica que los bioestimulantes en las dosis evaluadas no ejercieron ningún efecto sobre estas variables (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Significancia estadística

F.V.	Altura de planta (m)	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca
Bioestimulantes	0,9236 ^{NS}	0,2935 ^{NS}	0,7376 ^{NS}
Dosis	0,4929 ^{NS}	0,5418 ^{NS}	0,0950 ^{NS}
Bioestimulantes x dosis	0,5712 ^{NS}	0,7472 ^{NS}	0,8446 ^{NS}
Tratamientos vs testigo	0,4625 ^{NS}	0,8963 ^{NS}	0,5738 ^{NS}
Bioestimulantes vs Silicio	0,6517 ^{NS}	0,7669 ^{NS}	0,3372 ^{NS}
Repetición	0,7328 ^{NS}	0,9808 ^{NS}	0,1967 ^{NS}
Error experimental			
Total			
C.V. %	3,63	7,25	3,78

^{NS} No significativo al 5% de probabilidades de error

De acuerdo al análisis de varianza aplicado a las variables del componente de rendimiento, como número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, número de granos por mazorca y peso de granos por mazorca no fueron influenciada significativamente ($p>0.05$), por el factor bioestimulante, el factor dosis, ni por la respectiva interacción (tabla 4.2.). Entre los contrastes ortogonales realizados entre tratamientos vs testigo solo la variable número de hileras por mazorca fue significativamente afectada ($p<0.05$), mientras que el contraste entre bioestimulantes vs silicio no se observó diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$). Lo anterior denota que bajo las condiciones agroecológicas donde se desarrolló el experimento, los tratamientos probados pueden incrementar el número de hileras de granos por mazorca, en relación al tratamiento control, donde se obtuvo un incremento del 14,29% (Figura 1).

Tabla 4.2. Significancia estadística

F.V.	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Número de granos por mazorca	Peso de granos por mazorca
Bioestimulantes	0,2834 ^{NS}	0,3722 ^{NS}	0,3195 ^{NS}	0,3384 ^{NS}
Dosis	0,8247 ^{NS}	0,9863 ^{NS}	0,9460 ^{NS}	0,7043 ^{NS}
Bioestimulantes x dosis	0,3231 ^{NS}	0,1118 ^{NS}	0,1467 ^{NS}	0,4074 ^{NS}
Tratamientos vs Testigo	0,0119*	0,1501 ^{NS}	0,7998 ^{NS}	0,2531 ^{NS}
Bioestimulantes vs Silicio	0,2047 ^{NS}	0,6070 ^{NS}	0,2530 ^{NS}	0,4861 ^{NS}
Repetición	0,1104 ^{NS}	0,2891 ^{NS}	0,0179*	0,2307 ^{NS}
Error experimental				
Total				
C.V. %	5,20	8,29	8,28	23,30

^{NS} No significativo al 5% de probabilidades de error Figura 1.

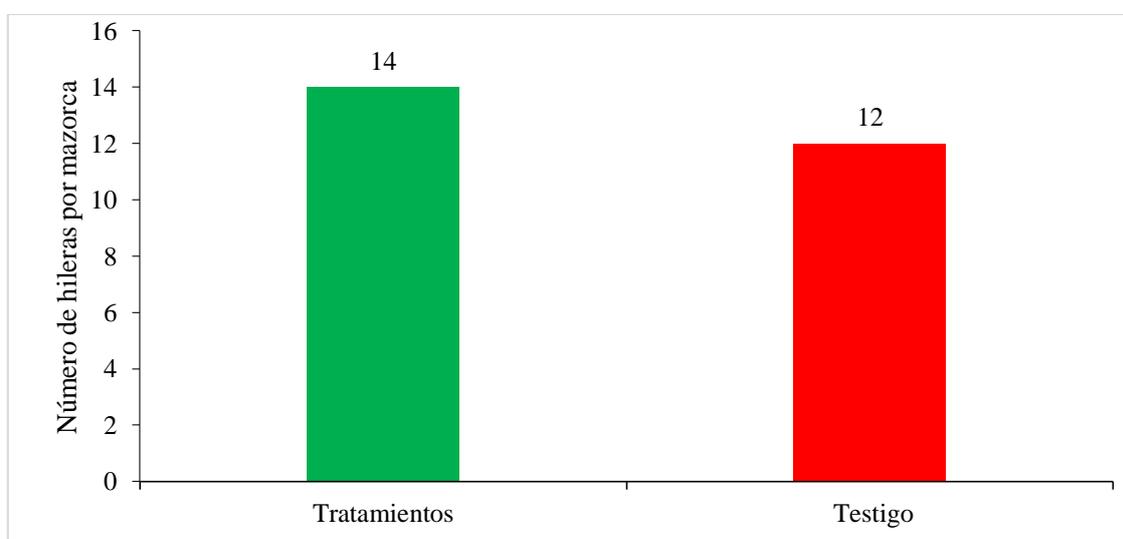


Figura 1. Contraste ortogonal entre rendimiento de tratamientos vs rendimiento del tratamiento testigo.

El análisis de varianza aplicado a la variable rendimiento, no fue significativamente influenciada ($p > 0.05$) por los tratamientos evaluados (tabla 4.2.). El contraste ortogonal realizado entre tratamientos vs el testigo fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$), lo cual indica que los bioestimulantes ejercieron un efecto positivo sobre el rendimiento de grano. Por otro lado, el contraste ortogonal realizado entre los bioestimulantes vs el silicio no mostró 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 (tabla 4.3.). Lo anterior

expuesto, sugiere que bajo las condiciones agroecológicas donde se desarrolló el experimento, los bioestimulantes evaluados, independientemente de las dosis probadas, pueden incrementar el rendimiento del maíz en un 7% con relación al tratamiento testigo (Figura 2).

Tabla 4.3 Significancia estadística

F.V.	Rendimiento (kg/ha) al 14% de humedad
Bioestimulantes	0,7420 ^{NS}
Dosis	0,0819 ^{NS}
Bioestimulantes x dosis	0,3252 ^{NS}
Tratamientos vs Testigo	0,0244*
Bioestimulantes vs Silicio	0,1558 ^{NS}
Repetición	0,2906 ^{NS}
Error experimental	
Total	
C.V. %	4,76

^{NS} No significativo al 5% de probabilidades de error

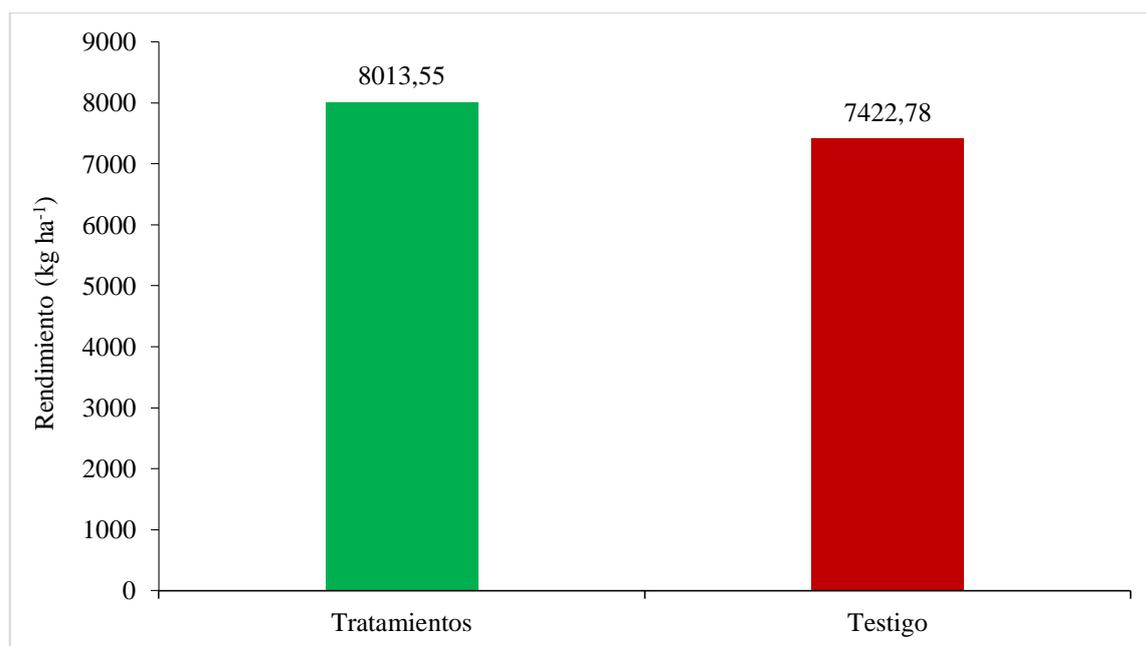


Figura 2. Contraste ortogonal entre rendimiento de tratamientos vs rendimiento del tratamiento testigo.

En resultados reportados por Astopilco (2015) no se encontró diferencia significativa al evaluar el efecto de tres dosis de bioestimulante en el rendimiento de maíz amarillo duro (*Zea mays* L) para la variable altura de planta, longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Resultados similares fueron encontrados para la Aplicación de bioestimulantes trihormonales en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para rendimiento de choclo tal como lo indica (Urrutia ,2019) donde no se halló significancia estadística, esto debido a la homogeneidad del suelo. Lo mismo sucedió con las valoraciones de López (2015) no encontró diferencia significativa en la variable Número de hileras por mazorca, Número de granos por hilera, Número de granos por mazorca y Peso de granos por mazorca con la aplicación de nitrógeno, fertilización completa (N, P, K) y bioestimulantes a base de citocinina.

Mientras que los resultados de Jiménez (2016) mostraron diferencia significativa cuando evaluó el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) asociado con maní (*Arachis hypogaea* L.) con diversos distanciamientos de siembra y tres dosis de bioestimulante orgánico.

En cuánto a la variable de rendimiento Laos (2017) no encontró diferencia significativa en la variable de rendimiento de grano por hectárea, con la aplicación de los bioestimulantes Fertimar®, Evergreen®, y Revite® en las dosis de 1.0, 0.75, y 0.5 L/ha, a excepción del T2 (Revite® a 0.5 t/ha) en el estudio realizados sobre efecto de tres bioestimulantes orgánicos en el rendimiento del híbrido doble de maíz.

Por otro lado Hidalgo (2011) encontró diferencia significativa en la variable Rendimiento en grano cuando aplicaron diferentes de dosis Aminol extra microforte® medio (0.45 L ha⁻¹) y Aminol extra microforte® alto (0.55 L ha⁻¹) en la investigación realizada en el comportamiento de tres bioestimulantes en la producción de maíz (*Zea mays* L) esto se debe a que los bioestimulantes aplicados a los híbridos en los diferentes niveles obtuvieron efectos positivos y buena homogeneidad en los resultados experimentales.

En los resultados de esta investigación se obtuvo un incremento del 7% en el rendimiento debido a que los bioestimulantes tienen moléculas orgánicas que estimulan procesos biológicos en el maíz y eso lleva a la planta a que se desarrolle mejor, a tener mayor fotosíntesis y mayor rendimiento. Por otro lado estudios realizados por INTAGRI (2015) demuestran un rendimiento de 4% siendo este un valor representativo en el potencial de rendimiento y sus interacciones. Así mismo señala que con la utilización de estos reguladores de crecimiento, se obtienen cultivos de excelente vigor ayudando a lograr el objetivo de alto rendimiento cuando se usan de forma correcta (dosis, forma y momento). Los estudios sobre este tema explican que para los bioestimulantes proporcionen un efecto positivo sobre las plantas es necesario tener en cuenta las condiciones adversas de clima y el uso correcto de estos productos, así como de las interacciones.

Por medio de los cambios en procesos vitales y estructurales estos biorreguladores ayudan en la expresión del potencial genético de las plantas, del mismo modo promueven el equilibrio hormonal y causan el desarrollo del sistema radicular. Estos productos hacen que la agricultura crezca ya que al usarlos aumentan la absorción de agua y nutrientes, así como su resistencia al estrés hídrico y los efectos residuales de los herbicidas en el suelo (Shintate *et al.*, 2015).

Por consiguiente las referencias de Della (2010) indican que los bioestimulantes se asocian con micronutrientes con el fin de alcanzar valores de rendimientos altos. Estos pueden estar presentes en sus formulaciones logrando así reducir problemas derivados a su deficiencia y proporcionar un buen desarrollo y producción de granos. El silicio es un micronutriente que cumple la función de estimular el crecimiento y proporcionar resistencia en las plantas, también proporcionan resistencia contra el estrés hídrico y brindan resistencia a ciertas plagas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los bioestimulantes y el silicio no influyeron 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.

Recomendaciones

- Replicar el experimento en el tiempo y el espacio con fines de confirmar los datos y definir dominios de recomendaciones para los productores de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, C; Chávez, T; García, P y Raya, J. 2007. El Silicio en los organismos vivos. Caracas, VEN. Interciencia. Vol. 32. p 504-509.
- Astopilco, M. 2015. Efecto de tres dosis de bioestimulante en el rendimiento de maíz amarillo duro (*Zea mays* L). Tesis. Ing. Agrónomo. Guadalupe, PE. p. 29.
- Alvez, S; Nunes, N; Rodrigues, C; Rodrigues D; Rodrigues, M; Evangelista, E; Rodrigues, L. 2012. Desenvolvimento inicial de plantas de abóbora submetidas à aplicação de diferentes concentrações de organomineral a base de extratos de algas marinhas. São Geraldo. BR. Horticultura Brasileira. Vol 30. p 100-101.
- Amaral, G; Bogiani, J; Silva, G; Gazola, E; Rosolrm, C. 2008. Tratamiento de semillas de soja con insecticidas y un bioestimulante. São Geraldo. BR. Agropecuaria Brasileira, 43. p 1311-1318.
- Ayala, V., Schwentesius; O, Micaela, Preciado; Pablo; Almaguer, G, & Rivas-Valencia, Patricia. 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo. Tulancingo, Mex. Agricultura, sociedad y desarrollo. Vol 10. p 381-395.
- Badillo, A. 2016. Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L) variedad iniap 122, en dosis diferentes, en la parroquia Malchinguí, cantón pedro Moncayo, provincia pichincha. Tesis. Ing. Administración y producción agropecuaria. Loja, EC. p10.
- Borja, V. 2017. Análisis de riesgo de plagas de granos de maíz (*Zea mays* L.) para consumo, originarios de Colombia. Tesis. Ing. Agrónomo. Quito, EC. p. 2.
- Borgues, L; Baldotto, M; Gontijo, L; Oliveira, F; Goncalves, J. 2014. Aclimatización de orquídea (*Cymbidium* sp.) en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos. Minas Gerais, BR. Ciência Rural. Vol 44. p 830-833.
- Botelho, M; Santos, A; Pozza, A; Carvalho, G; Botelho, E y Souza, E. 2005. Intensidade da Cercosporiose em Mudras de Cafeeiro em Função de Fontes e Doses de Silicio. Lavras, BR. Fitopatología Brasileira. Vol 30. p 582-588.
- Cabrera, M; Borreo, Y; Rodríguez, A; Angarica, E; Rojas, O. 2011. Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annun*, L) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido. Santiago de Cuba, CUB. Ciencia en su PC. p 32-42
- Casaverde, A. 2014. Influencia de cuatro bioestimulantes en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon ccn-51 en satipo.

- Tesis. Ciencias Agrarias. Universidad nacional del centro del Perú. Satipo. PE. p 14.
- Castellanos, L; Mello, R, y Silva, Cid. 2015. El Silicio en la resistencia de los cultivos. La Habana, CU. Cultivos Tropicales. Volumen, 36. p 16-24.
- Contreras, J. 2017. Análisis de la producción y comercialización del maíz en la provincia de los ríos durante el periodo (2012-2016). Tesis. Ec. Guayaquil. EC. p.22.
- Dávila, G. 2016. Evaluación agronómica de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L) en lotes comerciales en la zona de Mata de Cacao, provincia de Los Ríos. Tesis. Ing. Agropecuario. Guayaquil. Ec. p. 17.
- Della, A. 2010. Efeito de bioestimulantes em caracteres fisiológicos e de importância agrônômica em milho (*Zea mays* L.). Tesis. Ing. Agrônomo. Ijuí, BR. p. 15.
- Flores, M. 2009. Respuesta del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) a la aplicación complementaria de tres fertilizantes foliares a tres dosis. Tesis. Ingeniería Agropecuaria. Universidad de Quito. Carchi. EC. p. 23
- Guacho, E. 2014. Caracterización agro-morfológica del maíz (*zea mays* L.) de la localidad san José de chazo. Tesis. Ing. Agrónomo. ESPOCH. Riobamba, EC. p.7.
- Guerrero, A; 2006. Efecto de tres bioestimulantes comerciales en el crecimiento de los tallos de proteas, *Leucadendron sp* Cv. safari sunset. Tesis. Ing Ciencias agropecuarias y ambientales. Universidad técnica del norte. Ibarra. EC. p. 27
- Guzmán, D. 2017. Etapas fenológicas del maíz (*zea mays* L.) var. Tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá, provincia de Chimborazo. Tesis. Ingeniero Agropecuario. Chimborazo. EC. p.15.
- Gómez, R; Rodríguez, M; Cárdenas, E; Sandoval, M y Colinas, M. 2006. Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* en tomate de cáscara. Chapingo, MEX. Chapingo serie horticultura. Vol 12. p 69-75.
- Granados, E. 2015. Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena; ocós, san marcos. Tesis. Ing. Agrícola. Universidad Rafael Landívar. Coatepeque, GT. p 1
- Hidalgo, A. 2011. Comportamiento de tres bioestimulantes en la producción de maíz (*Zea mays* L.), híbrido xb 8010, en Tingo María. Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad de la Selva. Tingo María, PE. p 23.
- INTAGRI. (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). 2015. Las 7 maravillas del alto rendimiento en maíz. Parte II: Cultivo anterior, densidad

- de población, Labranza y reguladores de crecimiento. Serie Cereales. Núm. 2. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p
- Jiménez, I. 2016. Comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) asociado con maní (*arachis hypogaea* L.) con diversos distanciamientos de siembra y tres dosis de bioestimulante orgánico. Tesis. Ing. Agrónomo. UTEQ. Quevedo, ECU. p. 43.
- Kappes, C.; Arf, O; Arf, M; Castilho Gitti, D; Molnar Alcalde, A. 2011. Uso de reguladores de crecimiento en el desarrollo y producción de crotalaria. São Paulo, BR. Investigación Agropecuaria Tropical. Vol 41. p 508-518
- Kolling, D; Sangoi, L; Arruda de Souza, C; Schenatto, D; Giordani, W; Majolo, C. 2016. Tratamiento de semillas con bioestimulante en el maíz sometido a diferentes variabilidades en la distribución espacial de las plantas. Santa Catarina, BR. Ciencia Rural. Volumen 46. p 248-253.
- Laos, A. 2017. Efecto de 3 bioestimulantes orgánicos en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) XB-8010 en Tulumayo. Tesis. Ing. Agrónomo. UNAD. Tingo María, PE. p. 45.
- Leos, S. 2013. Respuesta del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) AN 447 a distintas densidades de población. Tesis. Ing. Agrónomo. UAAAN. Torreón-Coahuila, MEX. p 8.
- Lima, F; Sá, M., & Domingues, L; Pina, M; Masumi, H; Andreotti, M; Arruda, N. 2011. Uso de regulador de crecimiento em cultivares de feijão de inverno. São Paulo, BR. Agropecuária Tropical. Vol 41. p 148-154.
- López, G. 2015. Bioestimulante en la fertilización nitrogenada y completa de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) con el uso de fertirriego por goteo. Tesis. Ing. Agrónoma. UG. Guayaquil, ECU. p. 36.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2015. Rendimientos de maíz duro seco en el ecuador invierno 2015. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Quito, EC. p 3.
- Mera, A; Montañó, A. 2015. Evaluación de arreglos espaciales y densidades poblacionales en híbridos de maíz comercial en zonas de bosque tropical seco durante la época lluviosa. Tesis. Ing. Agrícola. Guayaquil, EC. p 8
- Morejón, M.; Herrera, J.; Ayra, C.; González, P.; Rivera, R.; Fernández, Y.; Peña, E.; Téllez, P.; Rodríguez, C.; Noval, B. 2017. Alternativas en la nutrición del maíz transgénico FR-B t 1 de (*Zea mays* L.): Respuesta en crecimiento, desarrollo y producción. Cultivos Tropicales. La Habana, CU. Vol 38. p 146-155.
- Orejuela, J. 2010. Evaluación de la Aplicación de Varias Dosis de Ácido Monosilícico en la Producción del Cultivo de Arroz. Tesis Ing. Agropecuaria. ESPOL. Guayaquil. EC. p. 25.

- Quiroga, A. 2016. Respuesta a las aplicaciones de silicio en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad modan, en condiciones de estrés hídrico bajo cubierta en Culiacán, Sinaloa. Tesis. Ing. Agrícola. UDCA. Bogotá, CO. p. 11
- Raya J. Aguirre, C. 2012. El Papel del Silicio en los Organismos y Ecosistemas. Guanajuato, MEX. Conciencia Tecnológica. Vol 43. p 42-46.
- Sauthier, M., & Castaño, F. 2004. Dispersión del polen en un cultivo de maíz. Concepción de Uruguay, ARG. Ciencia, Docencia y Tecnología. Vol 15. p 229-24
- Shintate, F; Meneghini, L; Bellote, M. Niro, R; Minhoto, M. 2015. Desempenho agrônômico de milho em função da aplicação de bioestimulantes à base de extrato de algas. São Paulo, BR. Tecnol. Y Ciên. Agropec. Vol 9. p 13-19
- Urrutia, E. 2019. Aplicación de bioestimulantes trihormonales en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad chingasino para rendimiento de choclo. Tesis. Ing. Agrónomo. UNCP. El Mantaro, PE. p 52.
- Veobides, H; Guridi, F; Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. Habana, CU. Cultivos Tropicales. Vol 39. p 102-109.
- Vieira, K; Silva, C; Medeiros C; Vasconcelos, C; Silva, M. 2014. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) no desenvolvimento de portaenxertos de cajueiro. Ceará, BR. Scientia Agraria. Vol 10. p 1706.
- Villatoro, E. 2014. Efecto de la citoquinina (cypu) sobre el cuaje y rendimiento de minisandía (*Cytrullus lannatus*, Cucurbitaceae); Estanzuela, zacapa. Tesis. Ciencias hortícolas. Universidad Rafael Landívar. Zacapa, GT. p 14
- Zambrano, A. 2017. Dosis desilicio como alternativa de protección en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis. Ing. Agrícola. UG. Los Ríos. EC. p.15

ANEXOS



Anexo 1. Delimitación y medición de terreno



Anexo 2. Siembra



Anexo 3. Aplicación de herbicida post-emergente



Anexo 4. Emergencia de plantas



Anexo 6. Fertilización de plantas



Anexo 5. Riego por inundación



Anexo 7. Preparación de los productos con sus respectivas dosis



Anexo 8. Aplicación en cada uno de los tratamientos



Anexo 9. Cosecha del maíz amarillo duro



Anexo 10. Mazorcas para evaluar



Anexo 11. Medición de longitud de la mazorca



Anexo 12. Toma de datos del diámetro de mazorca



Anexo 13. Peso de granos por tratamiento



Anexo 14. Maíz desgranado



Anexo 15. Humedad de granos por parcela



Anexo 16. Peso de granos por parcela