



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

**EVALUACIÓN DEL ÓXIDO DE SILICIO MÁS EXTRACTOS DE
ALGAS (*Ascophyllum nodosum*) Y SU INFLUENCIA EN EL
CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)**

AUTORA

VAZQUEZ VERA ANA DEL ROCIO

TUTORA

ING. ARIANA LASCANO MONTES, MSC.

NARANJAL, ECUADOR

2025



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGRONOMÍA**

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ING. ARIANA LASCANO MONTES, M.Sc., docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutora, certifico que el presente trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DEL ÓXIDO DE SILICIO MÁS EXTRACTOS DE ALGAS (*Ascophyllum nodosum*) Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)**, realizado por la estudiante VAZQUEZ VERA ANA DEL ROCIO; con cédula de identidad N° 0958349433 de la carrera AGRONOMÍA Extensión Programas Regionales de Enseñanza “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz” Naranjal, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. ARIANA LASCANO MONTES, M.Sc.

Naranjal, 14 de marzo del 2025



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: EVALUACIÓN DEL ÓXIDO DE SILICIO MÁS EXTRACTOS DE ALGAS (*Ascophyllum nodosum*) Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.), realizado por la estudiante VAZQUEZ VERA ANA DEL ROCIO, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. Fernando Martínez Alcívar, M.Sc.
PRESIDENTE

ING. Colón Cruz Romero, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. Cristian Flores Cadena, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. Ariana Lascano Montes, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Naranjal, 14 de marzo del 2025

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por darme la sabiduría y fuerzas para continuar en este proceso. A mis padres Patricio Vazquez y Wendy Vera por todas sus oraciones, amor, trabajo, sacrificio y por estar a mi lado a lo largo de todos estos años. A mi abuelo Agustín Vazquez por todo el apoyo, dedicación y guía que me permiten culminar esta etapa tan importante en mi vida. A mis hermanas Wendy, Patricia y Joselyn por estar siempre presentes y por el apoyo moral que me brindaron. A mi tío Martín Vasquez que desde el cielo estuvo a mi lado iluminándome y guiándome en cada paso que he dado.

Ana del Rocio Vazquez Vera.

AGRADECIMIENTO

Toda mi gratitud a mi familia entera por ser un gran apoyo en la obtención de cada meta. De manera especial a mis abuelos paternos Agustín y Guadalupe por la motivación y los ánimos que me dan día a día. A mi mejor amiga Nayeli Zajia por todo su cariño y apoyo incondicional que me brinda siempre.

A todos los amigos y compañeros que hice a lo largo de la carrera Universitaria por compartir conmigo buenos momentos que me han ayudado a crecer tanto personal como profesionalmente.

Así mismo a las autoridades y docentes de la Universidad Agraria del Ecuador, por permitirme terminar mis estudios universitarios y por haber compartido sus conocimientos, experiencias y servir de guía en toda la carrera universitaria.

Expreso mi agradecimiento a los tutores encargados de orientarme en la ejecución de este proyecto de titulación.

Ana del Rocio Vazquez Vera.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, VAZQUEZ VERA ANA DEL ROCIO, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre EVALUACIÓN DEL ÓXIDO DE SILICIO MÁS EXTRACTOS DE ALGAS (*Ascophyllum nodosum*) Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.), para optar el título de INGENIERA AGRÓNOMA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Naranjal, 14 de marzo del 2025

VAZQUEZ VERA ANA DEL ROCIO

C.I. 0958349433

RESUMEN

El presente trabajo fue cuantitativo y estuvo enfocado en evaluar el efecto del uso de óxido de silicio más extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) y su influencia en la productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tras realizar el análisis e interpretación de los datos, se concluyó que el tratamiento T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%), obtuvo los mejores resultados en lo que respecta a diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca, altura de la planta, peso de 100 granos. En cuanto al rendimiento del cultivo, identificando que el T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%) fue el mejor tratamiento, con un valor de 4138,50 kg/ha. Finalmente, se realizó un análisis económico. Según los datos de los rendimientos en cada tratamiento y con la relación beneficio/costo se logró demostrar que el tratamiento que predominó en el estudio fue el T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%), con un beneficio/costo de 1,36; lo que significa que por cada dólar invertido se generó una ganancia de 0,36 dólares. En conclusión, el uso de Óxido de silicio y algas marinas aumenta significativamente la productividad del cultivo de maíz, por lo que se recomienda su uso.

Palabras clave: Algas, fertilizante, maíz, nutrición, silicio.

ABSTRACT

The present work was quantitative and focused on evaluating the effect of using silicon oxide plus algae extracts (*Ascophyllum nodosum*) and its influence on the productivity of corn cultivation (*Zea mays* L.). After analyzing and interpreting the data, it was concluded that treatment T1 Silicon oxide and seaweed (200%) obtained the best results in terms of ear diameter, ear length, and plant height. , weight of 100 grains. Regarding crop yield, identifying that T1 Silicon oxide and seaweed (200%) was the best treatment, with a value of 4138.50 kg/ha. Finally, an economic analysis was carried out. According to the performance data in each treatment and with the benefit/cost ratio, it was possible to demonstrate that the treatment that predominated in the study was T1 Silicon oxide and seaweed (200%), with a benefit/cost of 1.36 ; which means that for every dollar invested, a profit of \$0.36 was generated. In conclusion, the use of silicon oxide and seaweed significantly increases the productivity of corn cultivation, which is why its use is recommended.

Keywords: Algae, fertilizer, corn, nutrition, silicon.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Antecedentes del problema.....	12
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	12
1.3 Justificación de la investigación.....	13
1.4 Delimitación de la investigación.....	13
1.5 Objetivo general.....	13
1.6 Objetivos específicos	13
1.7 Hipótesis o idea a defender.....	14
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Estado del arte.....	15
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	17
2.3 Marco legal.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Enfoque de la investigación.....	24
3.2 Metodología.....	25
4. RESULTADOS.....	30
5. DISCUSIÓN.....	34
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS.....	45
APÉNDICES.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Tabla 1. Operacionalización de las variables	17
Anexo N° 2: Tabla 2. Tratamientos	17
Anexo N° 3: Tabla 3. Diseño del análisis de la varianza	18
Anexo N° 4: Tabla 4. Presupuesto del estudio	19
Anexo N° 5: Tabla 5. Descripción de las parcelas experimentales.....	20
Anexo N° 6: Figura 1. Croquis del estudio	45
Anexo N° 7: Figura 2. Ubicación del estudio	45
Anexo N° 8: Figura 3. Medición de parcelas	46
Anexo N° 9: Figura 4. Delimitación de tratamientos en estudio	46
Anexo N° 10: Figura 5. Visita del docente guía a la zona de estudio.....	47
Anexo N° 11: Figura 6. Explicación técnica del producto en estudio.....	47
Anexo N° 12: Figura 7. Aplicación del T1R2	48
Anexo N° 13: Figura 8. Aplicación de tratamientos en estudio.....	48
Anexo N° 14: Figura 9. Aplicación del producto en etapa de crecimiento	49
Anexo N° 15: Figura 10. Cultivo en etapa de llenado de granos y madurez	49

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndices N° 1:Tabla 1. Ánàlisis de varianza altura a los 60 días.....	50
Apéndices N° 1:Tabla 1. Ánàlisis de varianza longitud de la mazorca.....	51
Apéndices N° 1:Tabla 1. Ánàlisis de varianza diámetro de mazorca.....	52
Apéndices N° 1:Tabla 1. Ánàlisis de varianza peso de 100 semillas.....	53
Apéndices N° 1:Tabla 1. Ánàlisis de varianza rendimiento.....	54

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

El cultivo de maíz (*Zea mays* L), es de gran importancia mundial ya sea como alimento humano o para el ganado y hasta como materia prima de productos industrializados derivados de los mismos.

En Ecuador el cultivo de maíz es muy reconocido dentro del país, ya que se encuentra dentro de los monocultivos más relevantes a nivel nacional, también se registra unas 29 razas dentro del territorio nacional cuyo origen se relaciona con la historia y geografía del país (Vanegas, 2015).

La agricultura y la ganadería es el principal rubro económico de la población de Paján de la provincia de Manabí, presenta un clima tropical de sabana la temperatura generalmente varía de 20°C a 29°C y rara vez baja a menos de 18°C o sube a más de 31°C y la precipitación media anual es 1626 mm. los suelos presentan escases de materia orgánica lo que ocasiona bajos rendimientos en la producción del cultivo de maíz (Vera, 2018).

Para crecer, los cultivos requieren un suministro suficiente de nutrientes además de luz, agua y calor. Con una fertilización en sintonía con el rendimiento y la ubicación, puede asegurar este suministro de nutrientes y sentar las bases para el cultivo exitoso de maíz (Intagri, 2022).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El maíz es una planta muy exigente que se ve afectada ante cualquier desbalance nutricional, hídrico o de otro tipo, que determinará efectos negativos en la producción. El desconocimiento provoca que la fertilización no tenga buenos resultados y se convierta en mala inversión para los agricultores.

Los fertilizantes convencionales son una solución rápida y eficaz, pero a largo plazo ya se ven sus desventajas ya que afectan al ecosistema, acidifican el suelo por lo que la mayoría de estos posee abundantes sales minerales que destruyen los microorganismos.

1.2.2 Formulación del problema

¿Qué efectos tendrá la aplicación de óxido de silicio más extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) en la producción del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)?

1.3 Justificación de la investigación

Los niveles de productividad de los cultivos de maíz en la zona de estudio, son bajos por lo que la investigación permitirá aportar una solución al manejo idóneo de los cultivares de maíz en relación a la nutrición.

Las algas marinas mejoran la estructura del suelo y vigorizan a las plantas, indispensables para mejorar las características organolépticas del cultivo de cacao como son hojas, semillas y mazorcas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas.

1.4 Delimitación de la investigación

La presente investigación se llevó a cabo bajo las siguientes limitaciones.

- **Espacio:** Se realizó en el cantón La Troncal provincia del Cañar, coordenadas X: -2.423200, -Y: -79.348326.
- **Tiempo:** Este trabajo tuvo una duración de 6 meses y se realizará desde el mes de julio del 2024 hasta diciembre del 2024.
- **Población:** Los beneficiados fueron todos los productores de maíz de la zona en estudio.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de óxido de silicio más extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) y su influencia en la productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

1.6 Objetivos específicos

- Determinar las características agronómicas del cultivo según los tratamientos en estudio.
- Identificar la dosis que favorece al rendimiento del cultivo de maíz.
- Realizar el análisis del mejor tratamiento en base a la relación beneficios/costos.

1.7 Hipótesis

Al menos una de las dosis establecidas de óxido de silicio más extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) tendrá efectos favorables en el rendimiento del cultivo de maíz.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En otras variedades de hortalizas los abonos contribuyeron mucho en su crecimiento en la altura del tallo, en la etapa del desarrollo vegetativo además la producción de ácidos húmicos pudo contribuir a un mayor crecimiento y rendimiento ya que contienen mayor carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos que favorecen el crecimiento de la planta (Reyes, 2020).

Investigaciones anteriores, como la de Alvarado, (2021), en la que se evaluó un producto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) sobre el rendimiento de la caña de azúcar, o la de Aguilar (2020), evaluó los efectos del extracto de algas en maíz como forraje, demostrando que el uso de algas para mejorar las variables de producción es efectivo, por lo que se espera que su uso como compost pueda ser un complemento nutricional que marque la diferencia en un plan de fertilización.

Varios trabajos, entre ellos aquellos realizados por Lizzi, Coulomb y Polian (2020), han confirmado que la aplicación foliar de extractos del alga (*Ascophyllum nodosum*) reducen significativamente la infección por mildiu en hojas infectadas por (*Phytophthora capsici* y *Plasmopara vitícola*). Los mismos autores reportaron un aumento del contenido de peroxidasas y de la concentración de fitoalexinas, ambos marcadores de la resistencia, en las hojas de pimiento, así consideraron variables agronómicas como número de hojas y número de frutos en los que sobresalió esta aplicación.

Recientemente, en un trabajo publicado por Zhang y Ervin (2022), demostraron por primera vez la presencia de citoquininas en extractos de algas y su aplicación aumentó los niveles de citoquininas endógenas lo que logró ser favorable en la producción y posterior rentabilidad del cultivo de maíz.

Según Noboa (2023), la aplicación de algas produjo plantas de mayor altura a los 30 días con 21.73 cm, estadísticamente igual humus de lombriz con 20.70 cm, estadísticamente superiores a biol 20.00 cm y el testigo absoluto que registraron valores de 20.28 y 19.13 cm, respectivamente. A los 50 días, el tratamiento con algas registró la mayor altura de planta con 30.65 cm, en igualdad estadística con

humus de lombriz con 30.20 cm, superiores estadísticamente a biol 20 con 27.88 cm y al testigo absoluto con 27.58 cm. Cuando las plántulas tuvieron 70 días de edad, el T1 donde se aplicó algas registró mayor altura de planta con 51.53 cm, sin diferir estadísticamente de humus de lombriz con 50.75 cm, superiores estadísticamente a biol 20 y al testigo absoluto que registraron valores de 49.40 cm y 48.68 cm, respectivamente.

Una investigación realizada por *Sanchez et al. (2020)* examinó los efectos de la aplicación de óxido de silicio (SiO_2) y extractos de *Ascophyllum nodosum* sobre el rendimiento del maíz. Los resultados mostraron que las aplicaciones de óxido de silicio y extractos de algas mejoraron significativamente el crecimiento de las plantas, aumentando el área foliar y la biomasa. El uso conjunto de ambos compuestos resultó en un aumento en la cantidad de granos y el peso de las mazorcas. La investigación concluyó que tanto el óxido de silicio como los extractos de algas tienen un efecto sinérgico, estimulando la fotosíntesis y mejorando la tolerancia a estrés abiótico, lo que se traduce en una mayor rentabilidad del cultivo.

Un estudio llevado a cabo por *Martínez et al. (2021)* se centró en investigar cómo la aplicación conjunta de óxido de silicio y extractos de *Ascophyllum nodosum* influye en la productividad del maíz en condiciones de estrés. Los autores observaron que las plantas tratadas con ambos productos mostraron una mejora significativa en la estructura celular, una mayor resistencia a la sequía y una reducción en los efectos negativos de la salinidad. Estos tratamientos también promovieron un aumento en la eficiencia fotosintética y la absorción de nutrientes, lo que se reflejó en mayores rendimientos de grano y mejor calidad del producto final.

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Origen del cultivo de maíz

Dávila (2016) refiere que el maíz es uno de los granos más antiguos y además que es la única especie cultivada de la familia de las Poaceas, este cultivo es originario de América, hasta antes de que ocurra la invasión española el maíz se distribuyó por todo el continente americano llegando hasta el norte de lo que ahora es Canadá y hasta el sur lo que hoy es conocido como el país de Chile.

Se cree que en el siglo XVII el maíz Flint y de mazorcas amarillas, anaranjadas y coloradas llegaron al caribe por la costa del Atlántico y se expandió hasta el Caribe, estas migraciones del cereal originaron una gran variedad de maíces (Asencio, 2013, p. 8).

2.2.2 Clasificación taxonómica

Guacho (2014) indica que la clasificación taxonómica del maíz es de la siguiente manera:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Poales
Familia: Poaceae
Género: Zea
Especie: Zea mays. (p. 5)

2.2.3 Morfología

2.2.3.1. Sistema radicular

Jaramillo (2017) indica que posee raíces fasciculadas ya que esto ayudará a anclar a la planta al suelo, también sobresalen unas raíces al nivel del suelo que son consideradas raíces secundarias o adventicias las mismas que se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas.

2.2.3.2. Tallo

Pando (2018) afirma que posee tres componentes importantes: la corteza, los haces vasculares y la médula, también está formado por un tallo erecto, firme y de forma redondeada que alcanza alturas hasta 1,5 metros sin ramificaciones, tiene un color verde brillante.

2.2.3.3. Hojas

Altamirano (2018) afirma que las hojas son lanceoladas de gran tamaño, son afiladas, cortantes y se encuentran en una vaina agarrada al tallo dispuestas alternadamente en número de 20 a 30 hojas de estructura flexible, con nervadura central y paralelas, por el haz presentan vellosidades también presenta una lígula.

2.2.3.4. Inflorescencia

Oñate (2016) afirma que “la inflorescencia masculina posee una película de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen de 20 a 25

millones de granos de polen, en cuanto a las flores femeninas aparecen en las axilas de algunas hojas” (p, 43).

2.2.3.5. Mazorca

Guzmán (2017) manifiesta que el fruto comúnmente conocido como mazorca forman un solo cuerpo que tiene la forma de cariósida brillante que puede ser de diferente color amarillo, rojo, morado y blanco que se los denomina corno que no es otra cosa que el ovario maduro, posee una parte central llamado zuro que sirve para adherir los granos, el embrión pesa alrededor de 0,3 gramos.

2.2.3.6. Grano

“La cubierta de la semilla se llama pericarpio, debajo de esta se encuentra una capa de aleurona que es la que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y el embrión está formado por la radícula y la panícula” (Borja, 2017, p. 46).

2.2.4 Requerimientos edafoclimáticos

2.2.4.1. Suelo

“El maíz se desarrolla mejor en suelos de textura media como es el franco, también tolera texturas moderadas a gruesas con buen drenaje y pH que van desde 6,5-7,5 no tolera la falta de humedad” (Urrego, 2017, p. 37).

2.2.4.2. Clima

El maíz se desarrolla óptimamente en climas que van desde tropicales a fríos y de iluminación adecuada para su crecimiento, trata de una especie con alta incidencia de luz solar por esto que en zonas muy densas y nubladas su producción baja. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C. (Badillo , 2016).

2.2.4.3. Temperatura

Las temperaturas adecuadas en este cultivo van a variar de acuerdo a la etapa que se encuentre el mismo, para la siembra se necesitan temperaturas desde 10°C, para la floración se necesita de temperaturas de 18°C, para la etapa de crecimiento se requieren temperaturas de 24°C a 30°C y por encima de esta se ve

afectada su actividad celular y cuando presentan más del 70% de hojas secas Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C (Anchundia, 2015).

2.2.5 Plagas y enfermedades

2.2.5.1. Plagas

2.2.5.1.1. Cogollero

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) o masticador de tejidos ya que selecciona las hojas y los brotes tiernos , cuyo daño principal en la planta de maíz es directamente en el follaje ya que afecta las hojas ya que las destroza y su principal daño son sus ataques severos, también migra al cogollo y en ciertas ocasiones afecta hasta la mazorca (Guanoluisa, 2017).

2.2.5.1.2. Gusano del choclo

Según Isama (2019) manifiesta que “es una mariposa de habito nocturno en la noche se desplaza por todo el cultivo de maíz hasta poner los huevos salen unas larvas las cuales se introducen en las mazorcas” (p. 12).

2.2.5.1.3. Tierreros

Según Masaquiza (2016) “los insectos tierreros (*Agrotis* sp.) afectan los primeros estadios de la planta del maíz, viéndose altamente afectado en caso de controlar el insecto a tiempo” (p. 20).

2.2.5.1.4. Gallina ciega

“Son larvas son de color blanco cremoso, cuerpo curvado, cabeza café y miden de 3 a 4mm de longitud, el daño lo causan las larvas al alimentarse de la raíz” (Medina, 2019).

2.2.5.2. Enfermedades

2.2.5.2.1. Bacteriosis

“(Xanthomonas stewartii) Se disemina entre las plantas a través del agua de riego, viento o trabajadores y equipos contaminados. La bacteria establece grandes poblaciones en las hojas antes de infectar la planta a través de aberturas naturales o heridas. Puede soportar temperaturas entre 0 y 35°C, pero prospera en

un rango de 25-30°C. Su síntoma más evidente es en las hojas que van desde un color verde a amarillento (Burdisso , 2016, p. 48).

2.2.5.2.2. *Helmithosporium turcicum*

Según Icaza (2016) “afecta a las hojas inferiores del maíz aparecen manchas grandes de 3 a 15cm y las hojas se torna de verde a pardas” (p. 31).

2.2.5.2.3. *Antracnosis*

“Es una enfermedad producida por hongos (*Colletotrichum graminocolum*) que causa la desintegración de tejidos, también causa unas manchas negras y hundidas en forma de úlceras” (Tacuaman, 2018, p. 17).

2.2.5.2.4. *Roya*

Alvarado (2017) afirma que es una enfermedad que se presenta anualmente con diferentes niveles de severidad dependiendo del híbrido, de los biotipos del patógeno presentes y de las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo. La pudrición de la mazorca (*Puccinia sorghi*) se presenta una vez pasado el estado de la floración son pústulas.

2.2.5.2.5. *Carbón de maíz*

“Es un hongo basidiomiceto que infecta el tallo, las hojas y la mazorcas, cuando el hongo crece en la mazorca huitlacoche unas agallas blancas cerradas muy conspicuas sustituyen a los granos individuales” (Aguayo, 2016, p. 22).

2.2.6 *Manejo agronómico del cultivo*

2.2.6.1. *Siembra*

“Se recomienda usar el sistema de siembra por golpe 0,50 y hasta 0,90 entre hilera y 0,75 entre surco, se deben depositar 2 semillas por surco” (Obando , 2019, p. 15).

2.2.6.2. *Deshierbe*

El deshierbe se puede realizar de forma mecánica a los 14 días para eliminar todo tipo de malezas con la finalidad de evitar competencias de nutrientes luz y espacio por la planta, el segundo deshierbe se debe realizar a los 35 días (Fernández, 2019).

2.2.6.3. *Aporque*

Según Ortíz (2019) el aporque se debe realizar a los 45 días después de la siembra, colocando tierra alrededor de la planta en la parte inferior del tallo, esto ayudará en el sostén o soporte de la planta, aflojar y mantener la humedad.

2.2.6.4. Fertilización

La fertilización según la literatura se debe realizar a los 45 días después de la siembra, alrededor de la planta mientras se aporca después se recomienda usar abonos foliares cada 15 días antes de la floración masculina puede realizarse con bomba de mochila, el abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual (Padilla , 2019).

2.2.6.5. Cosecha

Según Pinedo, (2015) consiste “en la recolección de la mazorca, arrancándolas arrancando las plantas y separando de su envoltura o panca se debe cosechar cuando tiene la humedad de 30% aproximadamente” (p. 6).

2.2.7 Características de la variedad en estudio

2.2.7.1. India s-505

El híbrido India 505 posee una altura de planta de 220 a 260 cm, inserción de mazorca de 120 a 140 cm, posee un buen anclaje de raíz y tallos fuertes, los días de floración son 48 a 52 después de la siembra también es muy resistente a las enfermedades (Riofrío, 2018).

2.2.8 Requerimiento nutricional del cultivo

El maíz necesita una cierta cantidad de elementos, los macronutrientes que más necesita son K y P. En cantidades de 0,3kg de Potasio en 100kg de abonado y así también requiere mayores cantidades de Nitrógeno sobre todo en la época de crecimiento (Chanataxi, 2016).

2.2.8.1. Algas marinas

Al aplicar algas marinas en el cultivo las enzimas que éste contiene refuerzan en las plantas su sistema inmunológico (más defensas) y su sistema alimenticio (más nutrición) y activan sus funciones fisiológicas (más vigor). Además, ya sea que se aplique foliar o al suelo fijan el nitrógeno del aire al suelo. También hidroliza enzimáticamente los compuestos no solubles en el suelo, desmineralizando, desintoxicando, desalinizando y des compactando.

Beneficios: Ayuda a la absorción de los nutrientes inorgánicos del suelo, promueve el crecimiento saludable de la planta mejorando la germinación de la semilla, desarrollo de la raíz y de la planta, además mejora la actividad de los organismos en el suelo. Modo de empleo: Puede aplicarse en dosis de 8 litros/ha (Quimiser, 2020).

2.2.8.2. Óxido de silicio

Investigaciones solidas 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 monosilicico 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, 2024).

2.3 Marco legal

Constitución Política de la República del Ecuador

Ley de Desarrollo Agrario

Capítulo I: Los Objetivos de la Ley

Artículo 3. Políticas agrarias.

El fomento, desarrollo y protección del sector agrario se efectuará mediante el establecimiento de las siguientes políticas:

- a)** De cultivo, cosecha, comercialización, procesamiento y en general, de aprovechamiento de recursos agrícolas;
- b)** El fomento, desarrollo y protección del sector agrario se efectuará mediante el establecimiento de las siguientes políticas:
- c)** De capacitación integral al indígena, al montubio, al afroecuatoriano y al campesino en general, para que mejore sus conocimientos relativos a la aplicación de los mecanismos de preparación del suelo,
- d)** De preparación al agricultor y al empresario agrícola, para el aprendizaje de las técnicas modernas y adecuadas relativas a la eficiente y racional administración de las unidades de producción a su cargo.

CAPÍTULO V

Protección y recuperación de la fertilidad de la tierra rural I de producción

Artículo 49.- Protección y recuperación. El Estado desarrollará la planificación para el aprovechamiento de la capacidad de uso y su potencial productivo agrario, con la participación de la población local y ofreciendo su apoyo a las comunidades de la agricultura familiar campesina, a las organizaciones de la economía popular y solidaria y a las y los pequeños y medianos productores, con la implementación y el control de buenas prácticas agrícolas. (Asamblea Nacional De La República Del Ecuador, 2016, p. 14)

**Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria.
Investigación, Asistencia Técnica y Diálogo de saberes**

Artículo 9. Investigación y extensión para la soberanía alimentaria. - El Estado asegurará y desarrollará la investigación científica y tecnológica en materia agroalimentaria, que tendrá por objeto mejorar la calidad nutricional de los alimentos, la productividad, la sanidad alimentaria, así como proteger y enriquecer la agrobiodiversidad.

Artículo 10. Institucionalidad de la investigación y la extensión.- La ley que regule el desarrollo agropecuario creará la institucionalidad necesaria encargada de la investigación científica, tecnológica y de extensión, sobre los sistemas alimentarios, para orientar las decisiones y las políticas públicas y alcanzar los objetivos señalados en el artículo anterior; y establecerá la asignación presupuestaria progresiva anual para su financiamiento. (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, 2014, p. 22)

Código orgánico de la producción

Art.57 “Democratización productiva en concordancia con lo establecido con la constitución se entenderá por democratización productiva política, mecanismo e instrumento para que genere desconcentración de factores y recursos productivos, y faciliten el acceso al financiamiento capital y tecnológico para la realización de actividades productivas “Párrafo II “El estado protegerá a la agricultura familia comunitaria como garante de la soberanía alimentaria,..., y al macro, pequeño y mediana empresa implementando política que regulan sus intercambios con el sector privado. (Código Orgánico De La Producción, Comercio E Inverciones., 2010, p. 26)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

El presente trabajo fue cuantitativo y estuvo enfocado en evaluar el efecto del uso de óxido de silicio más extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) y su influencia en la productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

La investigación fue de carácter inductivo con características aplicadas y por el movimiento de las variables de concepción experimental, mediante la recolección de datos permitió probar la hipótesis, lo cual tuvo como resultado obtener de forma segura la relación causa efecto.

3.1.1.1. Investigación experimental

Se analizó la aplicación de óxido de silicio más extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) y su influencia en la productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

3.1.1.2. Investigación descriptiva

Se evaluó y analizó cada variable para documentarla descriptivamente en todos los datos encontrados en el transcurso de esta investigación.

3.1.1.3. Investigación documental

Se visualizó textualmente todos los datos incluyendo resultados evaluados y analizados obtenidos al final de este estudio.

3.1.1.4. Investigación de campo

Se realizó el trabajo de estudio en campo por lo que aplica a este tipo de investigación.

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación fue del tipo experimental se empleó un DBCA ya que se realizó experimentos con respecto a variables y utilizó los principios encontrados en el método científico.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Óxido de silicio más algas marinas, cultivo de maíz.

3.2.1.2. Variables dependientes

- **Altura de la planta (m):** Se tomó 10 plantas al azar dentro del área útil y se midió con un flexómetro, esto se realizó cuando la planta tuvo 60 días y se las midió desde el tallo hasta la última hoja.
- **Diámetro de la mazorca (cm):** Se procedió a medir con un calibrador Verner el diámetro de las mazorcas de cada tratamiento en estudio.
- **Longitud de la mazorca (cm):** Se procedió a medir con un flexómetro, desde la base de la mazorca hasta la punta de la misma.
- **Peso de 100 granos (gr):** Se tomó las mazorcas escogidas una muestra de 100 granos, la cual fue pesada para obtener esta variable. Los granos que se obtuvieron fueron escogidos de la parte central de la mazorca.
- **Rendimiento (kg/ha):** Se tomó el peso de las mazorcas obtenidos de cada parcela para registrarlo y ser expresado en kg/ha.
- **Análisis económico (b/c):** El análisis económico se realizó en base a la fórmula de (Crece Negocio, 2014), específica que la fórmula para calcular los costos y la utilidad marginal es la siguiente:

$$\text{Relación Utilidad/Costo} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Costo neto}}$$

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1.
Operacionalización de las variables dependientes

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Altura de planta:	Cuantitativo	Ordinal	Se evaluó en la cosecha del cultivo.
Diámetro de la mazorca:	Cuantitativo	Ordinal	Se evaluó en la cosecha del cultivo.
Longitud de la mazorca:	Cuantitativo	Ordinal	Se evaluó en la cosecha del cultivo.
Peso de 100 granos:	Cuantitativo	Ordinal	Se evaluó en postcosecha.
Rendimiento:	Cuantitativo	Ordinal	Se evaluó en postcosecha.
Análisis económico:	Cuantitativo	Ordinal	Se evaluó en postcosecha.

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.3 Tratamientos

Los tratamientos experimentales constaron de 4 tratamientos y 4 repeticiones como se detallan a continuación:

Tabla 2.
Descripción de los tratamientos experimentales

Trat.	Descripción	Dosis/ hectárea	Dosis/ parcela 18m ²	Frecuencia de aplicación DDS
T1	Óxido de silicio y algas marinas (200%)	16 litros	28.8 ml	15-30-45
T2	Óxido de silicio y algas marinas (100%)	8 litros	14.4 ml	15-30-45
T3	Óxido de silicio y algas marinas (50%) + NPK	4 litros + 25 kg	7.2 ml + 45 g	15-30-45
T4	Testigo convencional (NPK)	50 kg	90 g	15-30-45

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.4 Diseño experimental

Tabla 3.
Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	(4 - 1)	3
Bloques	(4 - 1)	3
Error	(4 - 1) (4 - 1)	9
Total	(4 * 4) - 1	15

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1. Recursos

- **Materiales y herramientas:** Machete, semillas, cintas, estacas, letreros, alambre, tanque, balde, bomba, botas, guantes, productos fertilizantes, balanza, dosificadores, agua, pala. Además de computadoras, proyector, borrador, lápiz, libreta, mapas, cámaras fotográficas, etc.
- **Recurso bibliográfico:** Informes, artículos de revistas, folletos, libros, documentos de sitio web y tesis de grado.
- **Material experimental:** Variedades de maíz, fertilizantes.
- **Recursos humanos:** Tesista, tutor, encargado de la finca en estudio.
- **Recursos económicos:** El presente trabajo de investigación fue financiado por recursos propios de la tesista.

Tabla 4.
Presupuesto del estudio

Descripción	Cantidad	Total (\$)
Preparación del terreno	1	300
Herramientas	5	100
Pasajes	15	70
Alimentación	15	80
Semillas	1	200
Mano de obra	5	100
Fertilizantes	2	30
TOTAL		880

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.5.2. Métodos y técnicas

3.2.5.2.1. Métodos

- **Método inductivo:** Este método permitió observar los resultados obtenidos con la finalidad de cumplir los objetivos específicos e hipótesis planteada.
- **Método deductivo:** Parte de los datos generales aceptados como valederos, para deducir por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones, es decir; parte de verdades previamente establecidas como principios generales.
- **Método sintético:** Mediante este método se logró establecer y relacionar los resultados para construir la discusión, conclusiones relacionadas bajo la perspectiva de totalidad de la investigación.

3.2.5.2.2. Técnicas

Las labores culturales que se realizaron son las siguientes:

- **Preparación del suelo:** Se utilizó una maquinaria agrícola con la cual se removió el suelo a unos 30 cm de profundidad.
- **Material vegetal:** Se utilizó la semilla certificada de maíz India s-505. Considerando que es un material empleado por los productores de la zona.

- **Siembra:** Se lo realizó de forma manual utilizando espeque y piola, a un distanciamiento de 0.90 entre surco y 0.40 entre plantas; en el cual se sembraron 2 semillas por postura.
- **Riego:** Se utilizó riego por gravedad según el cultivo lo demande.
- **Fertilización:** Se aplicó acorde a las dosis establecidas en cada tratamiento.
- **Manejo de plantas arvenses:** El control de malezas se realizó de forma manual con la ayuda de herramientas como machete y rabón durante los primeros días del cultivo.
- **Control de plagas y enfermedades:** El control de plagas y hongos se realizó de acuerdo a la presencia de las mismas.
- **Muestreo:** Se tomaron las muestras de 10 plantas al azar en las parcelas.
- **Cosecha:** Se lo realizó de forma manual.

3.2.6 Población y muestra

Tabla 5.
Descripción de las parcelas experimentales

Características	Unidad	Cantidad
Número de tratamientos		4
Número de repeticiones		4
Número total de parcelas		16
Distancia entre parcelas	m	1
Distancia entre repeticiones	m	1
Largo de la parcela	m	4
Ancho de la parcela	m	4.5
Área de la parcela	m ²	18
Área útil de la parcela	m ²	5
Número de plantas por parcela		50 plantas
Número de plantas a evaluar por parcela		10 plantas
Plantas totales		800 plantas
Área total del experimento	m ²	399

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.7 Análisis estadístico

3.2.7.1. Análisis funcional

El método para la comparación de los tratamientos fue por medio de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error, para verificar si existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

3.2.7.2. Hipótesis estadística

Ha: Al menos una dosis de fertilizante tuvo respuestas favorables en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

Ho: Ninguna dosis de fertilizante tuvo respuestas favorables en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de las características agronómicas del cultivo según los tratamientos en estudio.

4.1.1 Altura de planta a los 60 días (m)

La tabla 6 muestra las medias obtenidas al evaluar la altura del cultivo de maíz a los 60 días. Según el análisis de varianza, se encontró un coeficiente de variación de 2,64% y un valor p de 0,0003, lo que indica que la hipótesis nula fue rechazada y se encontró significancia estadística entre los tratamientos. T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%) fue el mejor tratamiento, con un valor de 1,99 m; seguido de T4 Testigo convencional (NPK) con un valor de 1,96 m; seguido del T2 Óxido de silicio y algas marinas (100%) con un valor de 1,85 m. El tratamiento promedio más bajo fue T3 Óxido de silicio y algas marinas (50%)+ NPK con 1,75 m de altura a los 60 días.

Tabla 6.
Altura de planta a los 60 días (m)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta a los 60 ...	16	0,90	0,83	2,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	6	0,03	13,28	0,0005
Tratamientos	0,14	3	0,05	19,01	0,0003
Repeticiones	0,06	3	0,02	7,56	0,0079
Error	0,02	9	2,5E-03		
Total	0,22	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11026

Error: 0,0025 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3 Óxido de silicio y algas...	1,75	4	0,02 A
T2 Óxido de silicio y algas...	1,85	4	0,02 A B
T4 T. convencional (NPK)	1,96	4	0,02 B C
T1 Óxido de silicio y algas...	1,99	4	0,02 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

4.1.2 Longitud de la mazorca (cm)

La tabla 7 muestra las medias obtenidas al evaluar la longitud de la mazorca. Según el análisis de varianza, se encontró un coeficiente de variación de 2,53% y un valor p de 0,1735, lo que indica que la hipótesis nula no fue rechazada y no se encontró significancia estadística entre los tratamientos. T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%) fue el mejor tratamiento, con un valor de 19,18 cm; seguido de T4 Testigo convencional (NPK) con un valor de 18,86 cm; seguido del T2 Óxido de silicio y algas marinas (100%) con un valor de 18,58 cm. El tratamiento promedio más bajo fue T3 Óxido de silicio y algas marinas (50%)+ NPK con 18,40 cm de longitud de la mazorca.

Tabla 7.
Longitud de la mazorca (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de la mazorca (cm...	16	0,70	0,50	2,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,73	6	0,79	3,50	0,0453
Tratamientos	1,40	3	0,47	2,08	0,1735
Repeticiones	3,33	3	1,11	4,92	0,0272
Error	2,03	9	0,23		
Total	6,76	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,04786

Error: 0,2253 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2Óxido de silicio y algas...	18,40	4	0,24 A
T3Óxido de silicio y algas...	18,58	4	0,24 A
T4T. convencional (NPK)	18,86	4	0,24 A
T1Óxido de silicio y algas...	19,18	4	0,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

4.1.3 Diámetro de la mazorca (cm)

La tabla 8 muestra las medias obtenidas al evaluar el diámetro de la mazorca. Según el análisis de varianza, se encontró un coeficiente de variación de 6,72% y un valor p de 0,0274, lo que indica que la hipótesis nula fue rechazada y se encontró significancia estadística entre los tratamientos. T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%) fue el mejor tratamiento, con un valor de 4,82 cm; seguido de T4 Testigo convencional (NPK) con un valor de 4,69 cm; seguido del T2 Óxido de silicio y algas marinas (100%) con un valor de 4,25 cm. El tratamiento promedio más bajo fue T3 Óxido de silicio y algas marinas (50%) + NPK con 4,14 cm de diámetro de la mazorca.

Tabla 8.
Diámetro de mazorcas (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de mazorcas (cm)	16	0,81	0,68	6,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,38	6	0,56	6,23	0,0079
Tratamientos	1,33	3	0,44	4,91	0,0274
Repeticiones	2,05	3	0,68	7,55	0,0079
Error	0,82	9	0,09		
Total	4,20	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,66427

Error: 0,0906 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3 Óxido de silicio y algas...	4,14	4	0,15 A
T2 Óxido de silicio y algas...	4,25	4	0,15 A B
T4 T. convencional (NPK)	4,69	4	0,15 A B
T1 Óxido de silicio y algas...	4,82	4	0,15 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

4.1.4 Peso de 100 semillas (g)

La tabla 9 muestra las medias obtenidas al evaluar el peso de 100 semillas. Según el análisis de varianza, se encontró un coeficiente de variación de 3,99% y un valor p de 0,0013, lo que indica que la hipótesis nula fue rechazada y se encontró significancia estadística entre los tratamientos. T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%) fue el mejor tratamiento, con un valor de 29,75 g; seguido de T4 Testigo

convencional (NPK) con un valor de 27,75 g; seguido del T2 Óxido de silicio y algas marinas (100%) con un valor de 27 g. El tratamiento promedio más bajo fue T3 Óxido de silicio y algas marinas (50%)+ NPK con 25 gramos.

Tabla 9.
Peso de 100 semillas (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 100 semillas (g)	16	0,83	0,71	3,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51,00	6	8,50	7,12	0,0050
Tratamientos	46,25	3	15,42	12,91	0,0013
Repeticiones	4,75	3	1,58	1,33	0,3256
Error	10,75	9	1,19		
Total	61,75	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,41253

Error: 1,1944 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3Óxido de silicio y algas...	25,00	4	0,55 A
T2Óxido de silicio y algas...	27,00	4	0,55 A B
T4T. convencional (NPK)	27,75	4	0,55 B C
T1Óxido de silicio y algas...	29,75	4	0,55 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

4.2 Identificación de la dosis que favorece al rendimiento del cultivo de maíz.

4.2.1 Rendimiento (kg/ha)

La tabla 10 muestra las medias obtenidas al evaluar el rendimiento del cultivo. Según el análisis de varianza, se encontró un coeficiente de variación de 3,69% y un valor p de $<0,0001$, lo que indica que la hipótesis nula fue rechazada y se encontró significancia estadística entre los tratamientos. T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%) fue el mejor tratamiento, con un valor de 4138,50 kg/ha; seguido de T4 Testigo convencional (NPK) con un valor de 4115,50 kg/ha; seguido del T2 Óxido de silicio y algas marinas (100%) con un valor de 4010,00 kg/ha. El tratamiento promedio más bajo fue T3 Óxido de silicio y algas marinas (50%)+ NPK con 3955,25 kg/ha.

Tabla 10.
Rendimiento (kg/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	16	0,94	0,89	3,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	101577,38	6	16929,56	21,81	0,0001
Tratamientos	90429,69	3	30143,23	38,83	<0,0001
Repeticiones	11147,69	3	3715,90	4,79	0,0293
Error	6987,06	9	776,34		
Total	108564,44	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=61,50578

Error: 776,3403 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3 Óxido de silicio y algas...	3955,25	4	13,93 A
T2 Óxido de silicio y algas...	4010,00	4	13,93 A
T4 T. convencional (NPK)	4115,50	4	13,93 B
T1 Óxido de silicio y algas...	4138,50	4	13,93 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

4.3 Realización del análisis del mejor tratamiento en base a la relación beneficios/costos.

El análisis económico se efectuó en la tabla 11; para lo cual fue necesario conocer los valores de los rendimientos (kg/ha). Según los datos de los rendimientos en cada tratamiento y con la relación beneficio/costo se logró demostrar que el tratamiento que predominó en el estudio fue el T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%), con un beneficio/costo de 1,36; lo que significa que por cada dólar invertido se generó una ganancia de 0,36 dólares; seguido por T4 Testigo convencional (NPK) y T2 Óxido de silicio y algas marinas (100%), con un valor de 1,33 con un retorno de 0,33 dólares; y por último el T3 Óxido de silicio y algas marinas (50%)+ NPK con un valor de 1,32 con un retorno de 0,32 dólares, siendo el menor promedio entre tratamientos.

Tabla 11.
Análisis económico del cultivo de maíz

Trat.	Rend. kg/ha	Precio Comercial (\$/Kg)	Bien bruto \$	Cos to de prod. \$	Bien neto \$	Relaci ón b/c
T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%)	4138,50	0,37	1531,25	1130	401,25	1,36
T2 Óxido de silicio y algas marinas (100%)	4010,00	0,37	1483,70	1115	368,70	1,33
T3 Óxido de silicio y algas marinas (50%) +NPK	3955,25	0,37	1463,44	1110	353,44	1,32
T4 T. convencional (NPK)	4115,50	0,37	1522,74	1144	378,74	1,33

Elaborado por: La Autora, 2025

5. DISCUSIÓN

El presente trabajo fue cuantitativo y estuvo enfocado en evaluar el efecto del uso de óxido de silicio más extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) y su influencia en la productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tras realizar el análisis e interpretación de los datos, se concluyó que el tratamiento T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%), obtuvo los mejores resultados en lo que respecta a diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca, altura de la planta, peso de 100 granos. Esto concuerda con lo señalado por Varios trabajos, entre ellos aquellos realizados por Lizzi, Coulomb y Polian (2020), han confirmado que la aplicación foliar de extractos del alga (*Ascophyllum nodosum*) reducen significativamente la infección por mildiu en hojas infectadas por (*Phytophthora capsici* y *Plasmopara vitícola*). Los mismos autores reportaron un aumento del contenido de peroxidasas y de la concentración de fitoalexinas, ambos marcadores de la resistencia, en las hojas de pimiento, así consideraron variables agronómicas como número de hojas y número de frutos en los que sobresalió esta aplicación. Así mismo, Noboa (2023), la aplicación de algas produjo plantas de mayor altura a los 30 días con 21.73 cm, estadísticamente igual humus de lombriz con 20.70 cm, estadísticamente superiores a biol 20.00 cm y el testigo absoluto que registraron valores de 20.28 y 19.13 cm, respectivamente. A los 50 días, el tratamiento con algas registró la mayor altura de planta con 30.65 cm, en igualdad estadística con humus de lombriz con 30.20 cm, superiores estadísticamente a biol 20 con 27.88 cm y al testigo absoluto con 27.58 cm. Cuando las plántulas tuvieron 70 días de edad, el T1 donde se aplicó algas registró mayor altura de planta con 51.53 cm, sin diferir estadísticamente de humus de lombriz con 50.75 cm, superiores estadísticamente a biol 20 y al testigo absoluto que registraron valores de 49.40 cm y 48.68 cm, respectivamente.

En relación con el segundo objetivo específico, se analizó la variable de rendimiento del cultivo, identificando que el T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%) fue el mejor tratamiento, con un valor de 4138,50 kg/ha. Esto coincide con lo expuesto por Investigaciones anteriores, como la de Alvarado, (2021), en la que se evaluó un producto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) sobre el rendimiento de la caña de azúcar, o la de Aguilar (2020), evaluó los efectos del extracto de algas en maíz como forraje, demostrando que el uso de algas para mejorar las variables de producción es efectivo, por lo que se espera que su uso

como compost pueda ser un complemento nutricional que marque la diferencia en un plan de fertilización. Al igual que, un estudio llevado a cabo por *Martínez et al. (2021)* se centró en investigar cómo la aplicación conjunta de óxido de silicio y extractos de *Ascophyllum nodosum* influye en la productividad del maíz en condiciones de estrés. Los autores observaron que las plantas tratadas con ambos productos mostraron una mejora significativa en la estructura celular, una mayor resistencia a la sequía y una reducción en los efectos negativos de la salinidad. Estos tratamientos también promovieron un aumento en la eficiencia fotosintética y la absorción de nutrientes, lo que se reflejó en mayores rendimientos de grano y mejor calidad del producto final.

Asimismo, en función del tercer objetivo específico, se llevó a cabo un análisis económico. Según los datos de los rendimientos en cada tratamiento y con la relación beneficio/costo se logró demostrar que el tratamiento que predominó en el estudio fue el T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%), con un beneficio/costo de 1,36; lo que significa que por cada dólar invertido se generó una ganancia de 0,36 dólares. Según Zhang y Ervin (2022), demostraron por primera vez la presencia de citoquininas en extractos de algas y su aplicación aumentó los niveles de citoquininas endógenas lo que logró ser favorable en la producción y posterior rentabilidad del cultivo de maíz. También, Una investigación realizada por Sanchez et al. (2020) examinó los efectos de la aplicación de óxido de silicio (SiO_2) y extractos de *Ascophyllum nodosum* sobre el rendimiento del maíz. Los resultados mostraron que las aplicaciones de óxido de silicio y extractos de algas mejoraron significativamente el crecimiento de las plantas, aumentando el área foliar y la biomasa. El uso conjunto de ambos compuestos resultó en un aumento en la cantidad de granos y el peso de las mazorcas. La investigación concluyó que tanto el óxido de silicio como los extractos de algas tienen un efecto sinérgico, estimulando la fotosíntesis y mejorando la tolerancia a estrés abiótico, lo que se traduce en una mayor rentabilidad del cultivo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Una vez analizados los datos de esta investigación, se puede concluir lo siguiente: En cuanto a la variable diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca, altura de la planta, y peso de 100 semillas, según el primer objetivo específico, el tratamiento T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%), obtuvo los mejores resultados.

En cuanto al rendimiento del cultivo, identificando que el T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%) fue el mejor tratamiento, con un valor de 4138,50 kg/ha.

Finalmente, se realizó un análisis económico. Según los datos de los rendimientos en cada tratamiento y con la relación beneficio/costo se logró demostrar que el tratamiento que predominó en el estudio fue el T1 Óxido de silicio y algas marinas (200%), con un beneficio/costo de 1,36; lo que significa que por cada dólar invertido se generó una ganancia de 0,36 dólares.

En conclusión, el uso de Óxido de silicio y algas marinas aumenta significativamente la productividad del cultivo de maíz.

6.2 Recomendaciones

De acuerdo con esta investigación, se recomienda lo siguiente:

Realizar estudios adicionales para determinar la dosis óptima de extracto de algas (*Ascophyllum nodosum*) combinada con óxido de silicio en el cultivo de maíz. Esto permitirá maximizar el rendimiento sin comprometer la salud del cultivo ni el equilibrio del suelo. La frecuencia de aplicación también debe ser evaluada en función de las necesidades específicas de cada etapa fenológica del cultivo.

Evaluar la efectividad del tratamiento en suelos con diferentes características físico-químicas. Esto permitirá adaptar las recomendaciones a las condiciones locales, asegurando que los beneficios del tratamiento sean consistentes en una variedad de contextos agroecológicos.

Se sugiere realizar estudios de seguimiento a largo plazo para determinar los efectos acumulativos del uso de extracto de algas, óxido de silicio en el suelo y en la salud del cultivo. Esto incluye el análisis de posibles cambios en la estructura del suelo, la microbiota y la calidad del maíz producido.

Es indispensable implementar programas de capacitación dirigidos a los agricultores sobre el manejo adecuado del extracto de algas y su combinación con óxido de silicio. Esto garantizará un uso eficiente y responsable del tratamiento, evitando aplicaciones incorrectas que puedan resultar en efectos adversos.

Basado en los resultados de esta investigación, donde el tratamiento más efectivo fue el T1 Óxido de silicio y algas marinas en dosis de 16 litros por hectárea, por lo cual, se recomienda su empleo como complemento nutricional para el cultivo de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, D. (2016). Producción de huitlacoche (*Ustilago maydis* (D.C) Corda) en el estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Aguilar, J. (2020). Efectos del extracto de algas en maíz como forraje. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000701633
- Altamirano, F. (2018). Efecto de la fertilización química en la concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado en el distrito de baños del inca. Tesis (pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Alvarado. (2017). Plagas en el cultivo de maíz. Royá. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-act-ten2_16_enfermedades-foliares-reemergentes-.pdf
- Anchundia, C. (2015). Efecto de diferentes dosis de fertilizantes y ara en el comportamiento agronómico del híbrido de maíz Pioneer 30F35. Tesis (pregrado), Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Políticas Agrarias para la producción de cultivos. https://www.oas.org/juridico/mla/sp/ecu/sp_ecu-int-text-const.pdf
- Asencio. (2013). Origen y propagación del maíz en el mundo. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>
- 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. Tesis (pregrado), Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Borja, V. (2017). Análisis de riesgo de plagas de granos de maíz (*Zea mays* L.) para consumo, originarios de Colombia. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Burdisso. (2016). Bacteriosis. Enfermedad en el cultivo de maíz. <https://plantix.net/es/library/plant-diseases/300002/holcus-leaf-spot>
- Chanataxi, M. (2016). Respuesta del cultivo de maíz dulce var. Bandit a la aplicación de niveles de calcio, boro y azufre en invernadero. Tesis (pregrado), Universidad Central del Ecuador, Quito.

- Davila, 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 (pregrado), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Fernández, A. (2019). Evaluación del rendimiento de tres variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) bajo tres densidades de siembra en el centro poblado Nunya Jalca, distrito de Bagua Grande. Tesis (pregrado), Toribio Rodríguez de Mendoza y de Amazonas, Chachapoyas.
- Guacho, E. (2014). Caracterización Agro-Morfológica del maíz (*Zea mays* L.) en la localidad San José de Chazo. Tesis (pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Guanoluisa, J. (2017). Control del Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz en el cantón Paján, provincia de Manabí. Tesis (pregrado), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Guzmán, D. (2017). Etapas fenológicas del maíz (*Zea mays*) Var. tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá provincia de Chimborazo. Tesis (pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Cumandá.
- Icaza, G. (2016). *Helminthosporium Turcicum*. Plagas en el cultivo de maíz. https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Mexico_Intl/Agronomi.pdf
- Intagri. (2022). Absorción de Nutrientes. Manejo de cultivo. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-absorcion-de-nutrientes-a-traves-de-la-fertilizacion-foliar>.
- Intagri. (2024). Óxido de silicio. Silicio para la Nutrición y Protección Vegetal. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal>
- Isama, A. (2019). Identificación de las principales plagas de cultivo de maíz suave (*Zea mays* L.) en la parroquia Eugenio Espejo, Otavalo.
- Jaramillo, W. (2017). Evaluación de la disponibilidad energética en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L). Tesis (pregrado), Universidad Central del Ecuador.
- Lizzi, Coulomb y Polian (2020), Aplicación foliar de extractos del alga (*Ascophyllum nodosum*). <https://digital.csic.es/bitstream/10261/22978965.pdf>

- Martínez, L., Rodríguez, C., y López, S. (2021). *Sinergia entre óxido de silicio y extractos de Ascophyllum nodosum en el cultivo de maíz*. Agricultural Research Journal, 38(3), 225-237.
- Masaquiza, J. (2016). Valoración del rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en relación con la aplicación de biodegradantes en el sector de la Isla. Tesis (pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Medina, N. (2019). Gallina ciega. Plagas en el cultivo de maíz. [https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1547#:~:text=\(Coleoptera%20Scarabaeidae\)%20conocidas%20como%20%E2%80%9C,mani%2C%20yu](https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1547#:~:text=(Coleoptera%20Scarabaeidae)%20conocidas%20como%20%E2%80%9C,mani%2C%20yu)
- Noboa, T. (2023). Aplicación de algas produjo plantas de mayor altura a los 30 días. Obtenido de <https://manvert.com/medios/algas-bioestimulantes>
- Obando, E. (2019). Caracterización morfológica de maíz blanco harinoso (*Zea mays* L.) material nativo "Chazo" de la provincia de Chimborazo. Tesis (pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Cevallos.
- Oñate, L. (2016). Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis (pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Cajamarca.
- Ortíz, H. (2019). Aporque. labores culturales. Cultivo de maíz. <https://www.redalyc.org/pdf/932/93213208.pdf>
- Padilla, R. (2019). Fertilización orgánica. Cultivo de maíz. <https://agriculturers.com/fertilizaciorganica/#:~:text=Para%20que%20la%20fertilizaci%C3%B3n%20sea,al%20suelo%20con%20abonos%20naturales>.
- Pando, J. (2018). Efecto de distintos niveles de sombra sobre la producción y calidad de florea de nardos (*Polianthes tuberosa* L. Tesis (pregrado), Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Pinedo, R. (2015). Niveles de Fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Cañaan-Ayacucho. Tesis (pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Quimiser. (2020). Uso de algas marinas como fertilizante. <https://quimiser.com.ec/producto/algaser-plus/>

- Reyes, C. (2020). Crecimiento y producción del cultivo. Abonos. Fertilización orgánica. <https://aefa-agronutrientes.org/fertilizantes-organicos-organo-minerales-y-enmiendas-organicas>
- Riofrío, N. (2018). Respuesta de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) cultivado con tres dimensiones poblacionales a la fertilización con N, P, K. Tesis (pregrado), Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Sánchez, R., García, J., y Pérez, M. (2020). *Efectos del óxido de silicio y extractos de algas en el rendimiento de Zea mays L.* Journal of Agricultural Sciences, 45(2), 123-134.
- Tacuaman, D. (2018). Evaluación de Productos Orgánicos para el control de antracnosis (*Colletotrichum* sp. en el cultivo de maíz). Tesis (pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Urrego, C. (2017). Establecimiento de una hectárea de maíz (*Zea mays* L.), como modelo de aprendizaje para los agricultores de la vereda Filipinas del municipio de Tame Arauca. Tesis (pregrado), Universidad de la Salle, Yopal.
- Vanegas, M. (2015). Caracterización e identificación de razas de maíz. Tesis (Pregrado), Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Vera, J. (2018). Economía de Paján. Clima de Paján. <https://es.weatherspark.com/y/18297/Clima-promedio-en-Paj%C3%A1n-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Zhang y Ervin (2022), demostraron por primera vez la presencia de citoquininas en extractos de algas y su aplicación aumentó los niveles de citoquininas endógenas. <https://www.cultifort.com/algas-marinas-aliadas-perfectas-mejor-desarrollo-cultivos/>

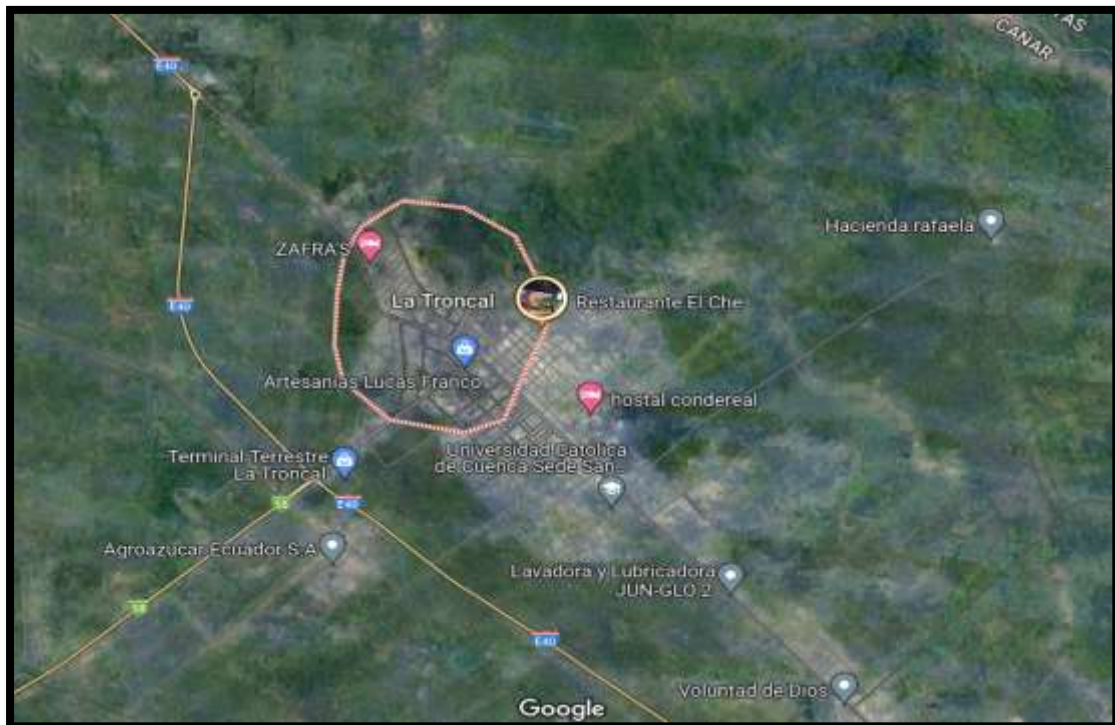
ANEXOS

Figura 1.
Croquis del estudio



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 2.
Ubicación satelital del estudio



Fuente: Google Maps, 2025

Figura 3.
Medición de parcelas



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 4.
Delimitación de tratamientos en estudio



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 7.
Aplicación del T1R2



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 8.
Aplicación de tratamientos en estudio



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 9.
Aplicación del producto en etapa de crecimiento



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 10.
Cultivo en etapa de llenado de grano y madurez



Elaborado por: La Autora, 2025

APÉNDICES

Tabla 12.

Análisis de la varianza de Altura de planta a los 60 días (m)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta a los 60 ..	16	0,90	0,83	2,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	6	0,03	13,28	0,0005
Tratamientos	0,14	3	0,05	19,01	0,0003
Repeticiones	0,06	3	0,02	7,56	0,0079
Error	0,02	9	2,5E-03		
Total	0,22	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11026

Error: 0,0025 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3Óxido de silicio y algas...	1,75	4	0,02 A
T2Óxido de silicio y algas...	1,85	4	0,02 A B
T4T. convencional (NPK)	1,96	4	0,02 B C
T1Óxido de silicio y algas...	1,99	4	0,02 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11026

Error: 0,0025 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.
4	1,81	4	0,02 A
3	1,88	4	0,02 A B
2	1,90	4	0,02 A B
1	1,97	4	0,02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

Tabla 13.
Análisis de la varianza de Longitud de la mazorca (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de la mazorca (cm).	16	0,70	0,50	2,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,73	6	0,79	3,50	0,0453
Tratamientos	1,40	3	0,47	2,08	0,1735
Repeticiones	3,33	3	1,11	4,92	0,0272
Error	2,03	9	0,23		
Total	6,76	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,04786

Error: 0,2253 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2Óxido de silicio y algas...	18,40	4	0,24 A
T3Óxido de silicio y algas...	18,58	4	0,24 A
T4T. convencional (NPK)	18,86	4	0,24 A
T1Óxido de silicio y algas...	19,18	4	0,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,04786

Error: 0,2253 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.
3	17,98	4	0,24 A
4	18,92	4	0,24 A B
2	18,99	4	0,24 A B
1	19,13	4	0,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

Tabla 14.
Análisis de la varianza de Diámetro de mazorcas (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de mazorcas (cm)	16	0,81	0,68	6,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,38	6	0,56	6,23	0,0079
Tratamientos	1,33	3	0,44	4,91	0,0274
Repeticiones	2,05	3	0,68	7,55	0,0079
Error	0,82	9	0,09		
Total	4,20	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,66427

Error: 0,0906 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3Óxido de silicio y algas...	4,14	4	0,15 A
T2Óxido de silicio y algas...	4,25	4	0,15 A B
T4T. convencional (NPK)	4,69	4	0,15 A B
T1Óxido de silicio y algas...	4,82	4	0,15 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,66427

Error: 0,0906 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.
3	4,00	4	0,15 A
4	4,26	4	0,15 A B
2	4,81	4	0,15 B
1	4,83	4	0,15 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

Tabla 15.
Análisis de la varianza de Peso de 100 semillas (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 100 semillas (g)	16	0,83	0,71	3,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51,00	6	8,50	7,12	0,0050
Tratamientos	46,25	3	15,42	12,91	0,0013
Repeticiones	4,75	3	1,58	1,33	0,3256
Error	10,75	9	1,19		
Total	61,75	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,41253

Error: 1,1944 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3Óxido de silicio y algas...	25,00	4	0,55 A
T2Óxido de silicio y algas...	27,00	4	0,55 A B
T4T. convencional (NPK)	27,75	4	0,55 B C
T1Óxido de silicio y algas...	29,75	4	0,55 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,41253

Error: 1,1944 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.
4	26,75	4	0,55 A
1	27,25	4	0,55 A
3	27,25	4	0,55 A
2	28,25	4	0,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025

Tabla 16.
Análisis de la varianza de Rendimiento (kg/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	16	0,94	0,89	3,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	101577,38	6	16929,56	21,81	0,0001
Tratamientos	90429,69	3	30143,23	38,83	<0,0001
Repeticiones	11147,69	3	3715,90	4,79	0,0293
Error	6987,06	9	776,34		
Total	108564,44	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=61,50578

Error: 776,3403 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3Óxido de silicio y algas...	3955,25	4	13,93 A
T2Óxido de silicio y algas...	4010,00	4	13,93 A
T4T. convencional (NPK)	4115,50	4	13,93 B
T1Óxido de silicio y algas...	4138,50	4	13,93 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=61,50578

Error: 776,3403 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.
3	4016,25	4	13,93 A
4	4048,50	4	13,93 A B
2	4066,00	4	13,93 A B
1	4088,50	4	13,93 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2025