

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



## EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) CON DIFERENTES ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN, EN SAN JOSÉ DE CHALTURA- IMBABURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

**AUTORA:**

Iza Benavides Dámaris Nohemy

**DIRECTORA:**

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra, marzo 2025

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

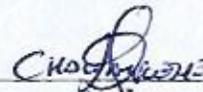
## EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) CON DIFERENTES ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN, EN SAN JOSÉ DE CHALTURA- IMBABURA

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener Título de:

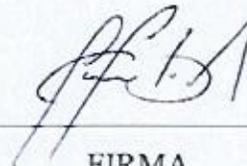
**INGENIERA AGROPECUARIA**

APROBADO:

Ing. Doris Chalampunte, PhD.  
**DIRECTORA**

  
FIRMA

Ing. Marcelo Albuja, MSc.  
**ASESOR**

  
FIRMA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004812010
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Iza Benavides Dámaris Nohemy
<b>DIRECCIÓN:</b>	Barrio 10 de Agosto - Ibarra
<b>EMAIL:</b>	dnizab@ut.edu.ec
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0993549643

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Evaluación agronómica del maíz ( <i>Zea mays</i> L.) con diferentes estrategias de fertilización, en San José de Chaltura- Imbabura
<b>AUTORA:</b>	Iza Benavides Dámaris Nohemy
<b>FECHA DE APROBACIÓN:</b>	17 de marzo del 2025
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería Agropecuaria
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

**2. CONSTANCIAS**

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de marzo de 2025

**EL AUTOR:**

...  .....

Iza Benavides Dámaris Nohemy

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Dámaris Nohemy Iza Benavides, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 17 días del mes de marzo de 2025

  
\_\_\_\_\_

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

**DIRECTORA DE TESIS**

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 17 días del mes de marzo del 2025

**Dámaris Nohemy Iza Benavides:** “Evaluación agronómica del maíz (*Zea mays* L.) con diferentes estrategias de fertilización, en San José de Chaltura – Imbabura”

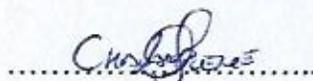
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 17 días del mes de marzo del 2025 62 páginas.

**DIRECTORA:** Ing. Doris Salome Chalampunte Flores, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico del maíz (*Zea mays* L.) con diferentes estrategias de fertilización, en San José de Chaltura – Imbabura

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar los parámetros agronómicos de la producción de maíz en choclo mediante la aplicación de fertilización química y biofertilizante.
- Comparar el rendimiento del maíz en los diferentes manejos de fertilización.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.



Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

**Directora de Trabajo de Grado**



Dámaris Nohemy Iza Benavides

**Autor**

## AGRADECIMIENTOS

*Para empezar, agradezco a la Universidad Técnica del Norte por ser mi centro de formación durante todos estos años de carrera universitaria donde he adquirido muchos conocimientos y el crecimiento como persona, así como también a los diferentes docentes que con su guía y dedicación brindaron sus conocimientos día a día durante este proceso de formación.*

*También, agradezco a mi directora de Tesis la Ing. Doris Chalampunte, PhD., a Korea Partnership for Innovation of Agriculture (KOPIA) y al Programa de maíz de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). por haberme brindado la oportunidad de realizar esta investigación, de recurrir a sus conocimientos y brindarme su apoyo durante el desarrollo de la tesis.*

*Por último y no menos importante quiero expresar mi gran agradecimiento a mi familia y amigos quienes me brindaron su apoyo y confianza.*

*Dámaris Iza*

## DEDICATORIA

*Dedico esta investigación a mi familia, quienes han sido mi fortaleza y guía en cada paso que he dado.*

*A mi padre Fabian Iza que, aunque ya no está físicamente a mi lado, su amor, enseñanzas y recuerdos han sido mi inspiración constante. Él sabía con seguridad que podría cada logro en mi vida y más. Sé que, desde donde esté, me acompaña con orgullo y amor.*

*A mi madre Sonia Benavides por su amor incondicional, por ser mi apoyo en los momentos difíciles y por nunca dejar de creer en mí. Gracias por cada sacrificio, por cada palabra de aliento, sin ella no lo habría logrado. A mi hermano Dennis que me brindó su confianza y apoyo acompañándome en cada momento que lo necesitaba.*

*También a mi amada hija Amelia, quien es mi mayor motivación, todo lo que hago es por ti y para ti, con la esperanza de que siempre persigas tus sueños con valentía y determinación.*

*Dámaris Iza*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>14</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1 Antecedentes .....	14
1.2 Problema de investigación .....	15
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos .....	17
1.5 Hipótesis.....	17
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1 Maíz ( <i>Zea mays</i> L.) .....	18
2.2 Descripción taxonómica.....	18
2.3 Descripción botánica del cultivo de maíz .....	19
2.4 Ciclos del cultivo de maíz .....	21
2.5 Zonas de producción de maíz en Ecuador.....	22
2.6 Principales plagas del cultivo de maíz identificadas a nivel del Ecuador .....	22
2.7 Enfermedades .....	24
2.8 Fertilización química.....	24
2.9 Fertilización orgánica.....	25
2.10 Biofertilizante Fertibacter.....	26
2.11 Costos de producción del cultivo de maíz .....	27
2.12 Indicadores económicos .....	27
2.13 Marco legal .....	28
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>29</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>29</b>
3.1 Descripción del área de estudio.....	29
3.2 Materiales .....	30
3.3 Métodos.....	31
3.4 Variables evaluadas.....	33
3.5 Manejo del experimento.....	35
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>39</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>

4.1	Porcentaje de germinación .....	39
4.2	Altura de la planta .....	40
4.3	Diámetro del tallo.....	41
4.4	Porcentaje de Acame raíz.....	43
4.5	Porcentaje de Acame de tallo .....	44
4.6	Días a la floración femenina.....	46
4.7	Rendimiento del cultivo de maíz.....	47
4.8	Rentabilidad económica .....	48
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>50</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>50</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	50
5.2	RECOMENDACIONES .....	51
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>52</b>
<b>V1. ANEXOS.....</b>		<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación taxonómica del maíz</i> .....	18
Tabla 2. <i>Producción de maíz suave de la región Sierra del Ecuador</i> .....	22
Tabla 3. <i>Principales plagas del cultivo de maíz de la región Sierra</i> .....	23
Tabla 4. <i>Composición del biofertilizante fertibacter, obtenida de Pincay et al., (2023)</i> .....	26
Tabla 5. <i>Ubicación geográfica y características edafoclimáticas del área de estudio</i> .....	30
Tabla 6. <i>Materiales, equipos e insumos utilizados durante la experimentación en campo</i> ....	30
Tabla 7. <i>Descripción de los tratamientos evaluados</i> .....	31
Tabla 8. <i>Características del experimento</i> .....	32
Tabla 9. <i>Características de la unidad experimental</i> .....	32
Tabla 10. <i>Análisis de varianza “ADEVA” de los tratamientos de estudio</i> .....	33
Tabla 11. <i>Recomendaciones de fertilización para maíz, información obtenida de Alvarado et al., (2009)</i> .....	36
Tabla 12. <i>Tabla de la adeva de la variable porcentaje de germinación</i> .....	39
Tabla 13. <i>Tabla del adeva de la variable diámetro del tallo</i> .....	42
Tabla 14. <i>Porcentaje de acame de raíz en relación a los días después de la siembra</i> .....	44
Tabla 15. <i>Tabla de la adeva de la variable acame de tallo</i> .....	44
Tabla 16. <i>Adeva del rendimiento del cultivo de maíz</i> .....	47
Tabla 17. <i>Promedio de los pesos de choclos por tratamiento</i> .....	48
Tabla 18. <i>Indicadores económicos de los tratamientos de diferentes tipos de fertilización</i> ...	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Estados fenológicos de maíz de la sierra ecuatoriana, información obtenida de Zambrano et al. (2021).</i> .....	21
Figura 2. <i>Mapa de ubicación del lote de investigación de maíz en la Granja Experimental La Pradera, en Chaltura-Imbabura</i> .....	29
Figura 3. <i>Croquis del ensayo experimental Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA).</i> 32	
Figura 4. <i>Medición del diámetro del tallo de la planta de maíz</i> .....	34
Figura 5. <i>Clasificación de mazorcas</i> .....	35
Figura 6. <i>Preparación del suelo del área de estudio</i> .....	36
Figura 7. <i>Siembra convencional del cultivo de maíz</i> .....	37
Figura 8. <i>Aplicación de herbicida en el cultivo de maíz</i> .....	37
Figura 9. <i>Plagas gusano cogollero (A) y mosca de la mazorca (B)</i> .....	38
Figura 10. <i>Peso de cada categoría de las mazorcas</i> .....	38
Figura 11. <i>Efecto de los tratamientos en la variable porcentaje de germinación de las semillas de maíz</i> .....	40
Figura 12. <i>Curva de crecimiento de la variable altura de la planta en relación a los días después de la siembra</i> .....	41
Figura 13. <i>Diámetro del tallo en relación a los tratamientos</i> .....	42
Figura 14. <i>Diámetro del tallo en relación a días después de la siembra</i> .....	43
Figura 15. <i>Porcentaje de acame de tallo del cultivo de maíz en relación a los tratamientos.</i> 45	
Figura 16. <i>Porcentaje de acame de tallo en relación a los días después de la siembra</i> .....	45
Figura 17. <i>Porcentaje de floración femenina en relación a los días después de la siembra</i> ...	46
Figura 18. <i>Peso por categoría de la variable rendimiento del cultivo de maíz</i> .....	47

# EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) CON DIFERENTES ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN, EN SAN JOSÉ DE CHALTURA- IMBABURA

Dámaris Nohemy Iza Benavides

Universidad Técnica del Norte

Correo: [dnizab@utn.edu.ec](mailto:dnizab@utn.edu.ec)

## RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los más importantes en Latinoamérica y en el país, al ser parte de la seguridad alimentaria del país. Una de las alternativas para disminuir el uso de fertilizantes químicos, es el uso de biofertilizantes compuestos por bacterias benéficas (*basillus subtilis* y *Pseudomonas Fluorescens*) que ayudan a promover el desarrollo agronómico de los cultivos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento agronómico del maíz, con la aplicación de diferentes estrategias de fertilización. Se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar, con seis tratamientos. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat 2020. Los resultados en la variable germinación hubo diferencias estadísticas significativas para los días después de la siembra y tratamientos ( $p < 0.005$ ); el T2 fue mayor con el 60.61% con respecto al testigo que presentó 40% de germinación. En la variable rendimiento no hubo diferencias significativas, sin embargo, el T1 cuenta con un valor de 13.01 T ha<sup>-1</sup>, con una diferencia numérica de 1.89 T ha<sup>-1</sup> al testigo. Para la variable rentabilidad económica, el T1 (FB+50FQ) fue el más rentable, con un ingreso neto de \$2116.3, y una relación beneficio/costo de 2.1. Le sigue el T6 (100FQ) con \$1506.8 de ingreso neto. En conclusión, la aplicación del biofertilizante Fertibacter – maíz en el cultivo con una sola aplicación del producto (T1) puede ser mayor o igual al rendimiento que con la aplicación de fertilizantes químicos, disminuyendo a la mitad el uso de químicos.

**Palabras claves:** Microorganismos, insumos orgánicos, rentabilidad, bioestimulante, productividad

# EVALUATION AGRONOMIC OF CORN (*Zea mays* L.) WITH DIFFERENT STRATEGIES OF FERTILIZATION, IN SAN JOSÉ DE CHALTURA- IMBABURA

Damaris Nohemy Iza Benavides

Universidad Técnica del Norte

Correo: [dnizab@utn.edu.ec](mailto:dnizab@utn.edu.ec)

## ABSTRACT

The cultivation of corn (*Zea mays* L.) is one of the most important in Latin America and in the country, as it is part of national food security. One alternative to reducing the use of chemical fertilizers is the use of biofertilizers composed of beneficial bacteria (*Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens*), which help promote the agronomic development of crops. The objective of this research was to evaluate the agronomic performance of corn with the application of different fertilization strategies. A completely randomized block experimental design was used, with six treatments. The statistical package InfoStat 2020 was utilized. For the germination variable, there were statistically significant differences in the days after sowing and treatments ( $p < 0.005$ ); T2 showed the highest germination rate at 60.61% compared to the control, which had 40% germination. For the yield variable, no significant differences were observed. However, T1 had a value of 13.01 T ha<sup>-1</sup>, showing a numerical difference of 1.89 T ha<sup>-1</sup> compared to the control. Regarding economic profitability, T1 (FB+50FQ) was the most profitable, with a net income of \$2,116.3 and a benefit/cost ratio of 2.1. It was followed by T6 (100FQ) with a net income of \$1,506.8. In conclusion, the application of the biofertilizer Fertibacter – maize with a single product application (T1) can achieve yields equal to or higher than those obtained with chemical fertilizers while reducing chemical use by half.

**Key words:** Microorganisms, organic inputs, chemical, biostimulant, productivity.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) suave es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial aportando a la seguridad alimentaria, se encuentra cultivado en la mayoría de las provincias de la serranía ecuatoriana. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) - ESPAC (2023), la producción nacional de maíz suave choclo llegó a las 54 420 toneladas con un rendimiento de 3.41 t ha<sup>-1</sup>. La superficie total cosechada en el Ecuador oscila en las 15 949 hectáreas.

El consumo per cápita de maíz suave en Ecuador es de alrededor de 14.5 kg anual (Zambrano et al., 2020). La provincia con mayor producción de este cultivo en el país es Bolívar, con un total de 36 470 hectáreas sembrado (MAG, 2024). En Imbabura el cantón con mayor producción de maíz suave es Urcuquí, con 824 toneladas anuales, seguido del cantón Otavalo (Pule, 2020).

Desde hace algunos años atrás, los procesos de producción han venido cambiando con la incorporación de alternativas biológicas para la producción, es así que el uso de biofertilizantes en la inoculación de las semillas a base de bacterias benéficas, ha sido una de las alternativas que se está usando para la producción de maíz, para mejorar la asimilación de nutrientes del suelo, mejorando el desarrollo y crecimiento de la planta (Tobar, 2021).

Los biofertilizantes son productos biológicamente activos a base de células vivas o latentes que contienen cepas de microorganismos como bacterias, hongos y algas, que al ser reactivadas aceleran procesos microbianos, descomponiendo con facilidad la materia orgánica y aumentando la disponibilidad de nutrientes para las plantas que mejoran el crecimiento y su desarrollo (Sangoquiza et al., 2022).

El biofertilizante Fertibacter- Maíz, es un producto que contiene microorganismos (*Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*), las cuales tiene la capacidad de aportar múltiples beneficios al suelo y sobre todo a la nutrición de las plantas, son capaces de producir reguladores del crecimiento vegetal, como auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido indolacético, etileno y ácido abscísico, los cuales favorecen la germinación de semillas y estimulan el desarrollo de la planta (Pincay et al., 2023)

El ensayo realizado por Sangoquiza et al. (2024), sobre la respuesta del maíz harinoso (*Zea mays* L. Var *Amylacea*) a la inoculación de *Azospirillum* y *Pseudomonas* permitió determinar que la combinación de estos microorganismos incrementó significativamente el rendimiento del maíz fresco en un 46.58% en comparación con el tratamiento de control sin fertilización. Además, este enfoque mostró una mayor ganancia neta y una mejor relación costo-beneficio, con un aumento del 87.5% respecto a la fertilización convencional.

En un estudio realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la Estación Experimental Santa Catalina, se obtuvo como resultados en rendimiento de maíz en la aplicación de un biofertilizante a base de microorganismos (*Azospirillum* sp + *Pseudomonas fluorescens*) donde se obtuvo 19.7 toneladas por hectárea en comparación al fertilizante químico que tuvo 17.12 t ha<sup>-1</sup> y al testigo absoluto de 13.58 t ha<sup>-1</sup>, teniendo una diferencia de 2.58 t ha<sup>-1</sup> al fertilizante químico y 6.12 t ha<sup>-1</sup> al testigo (Sangoquiza et al., 2017).

En un estudio realizado por Andrade (2023), relacionado con el uso de biofertilizantes microbianos en cultivos de importancia económica en América Latina, encontró en los rendimientos de los cultivos tratados de fréjol, (*Phaseolus vulgaris*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y maíz (*Zea mays* L), que existe una influencia positiva en comparación al control. En la mayoría de los casos, existen incrementos desde el 50% hasta el 100% de rendimiento, específicamente con fréjol (*P. vulgaris*) se logró un incremento de hasta el 100%, versus el control. De igual forma, al tratar este mismo ejemplar vegetal con *Rhizobium* sp obtuvieron resultados similares. En este sentido, otro cultivo beneficiado es maíz (*Zea mays* L.) fertilizado con *Azospirillum* sp y *Herbaspirillum* sp, alcanzando incrementos de 100% y 80% en rendimientos.

## **1.2 Problema de investigación**

La producción del cultivo de maíz se ha visto afectada por diversos factores, causando pérdidas de superficie. El 56% de la pérdida de superficie es por la sequía y heladas, el 29% por plagas y enfermedades, y el 16% por inundaciones, causas ambientales y falta de financiamiento (MAG, 2021).

El sistema de monocultivos intensivos y la no rotación de cultivos, causan efectos negativos en las propiedades físicas y químicas del suelo, teniendo una regeneración lenta, obteniendo bajas producciones con cada ciclo del cultivo (Hasang et al., 2021). También por el mismo sistema se utiliza mayores cantidades de pesticidas en el cultivo de maíz al ser más susceptible a plagas y enfermedades aumentando los gastos de producción (Ebel et al., 2017). Breccia y Santiago

(2018), mencionan que la toxicidad de los plaguicidas depende de su estructura química y del tiempo de exposición, ingresando al cuerpo por vías respiratoria, dermal y oral, cuya acumulación puede causar efectos adversos en la salud.

La fertilización del maíz se debe realizar de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada suelo, ya que su aplicación uniforme puede ser ineficiente y afectar la productividad y sostenibilidad del cultivo. Realizar un análisis previo del suelo es esencial para establecer estrategias óptimas de fertilización, algo que los pequeños agricultores no lo hacen (Maridueñas, 2020).

De igual manera la disponibilidad hídrica es un factor importante en la absorción de nutrientes del cultivo, y por lo tanto en la efectividad de la fertilización. Por lo tanto el acceso al agua y conocimiento de la importancia del riego en la fertilización es crucial en el rendimiento de los cultivos (Maridueñas, 2020).

El manejo tradicional de las fertilizantes nitrogenados conlleva diversos impactos negativos, entre los cuales sobresale la generación de contaminantes como el óxido nitroso ( $N_2O$ ), el amoníaco ( $NH_3$ ) y los óxidos de nitrógeno ( $NO_2$ ). Además, puede provocar toxicidad en el agua, contaminación de acuíferos, deterioro del suelo, los ecosistemas y una disminución de la biodiversidad (Nolasco, 2022).

Según Garcinuño (2017), en la agricultura al emplearse fertilizantes nitrogenados, los cuales pueden transferirse a los alimentos en forma de nitratos y transformarse en nitritos por acción de bacterias. Estos, al reaccionar con las aminas presentes en los alimentos, pueden generar nitrosaminas, compuestos altamente carcinogénicos asociados al desarrollo de diversos tipos de cáncer.

### **1.3 Justificación**

Este estudio se llevó a cabo con el propósito de solucionar un problema relacionado con el rendimiento en la producción del cultivo de maíz suave. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos - ESPAC (2023), en Ecuador se produce 3.41 toneladas por hectárea, un rendimiento bajo al contrario de países como Perú y Bolivia que están por encima de las cuatro toneladas por hectárea (MAG, 2021).

Por eso la importancia de promover el uso de microorganismos eficientes en el suelo que son fundamentales para los ciclos de nutrientes, ya que favorecen su calidad, inhiben la proliferación de enfermedades y potencian la absorción de materia orgánica por parte de las

plantas. Asimismo, ayudan a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, reduciendo la liberación de CO<sub>2</sub> (FAO, 2022). Mejorar el suelo con métodos e insumos amigables con el medio ambiente y benéfico para el cultivo, así aumentar los rendimientos de producción de este cultivo importante en la agricultura familiar (Boada y Espinoza, 2016).

También se busca en la agricultura actual implementar otros sistemas para la disminución de insumos químicos, una alternativa efectiva es integrando los fertilizantes orgánicos con químicos (Saucedo et al., 2024). por esta razón se evaluó la utilización del biofertilizante a base de microorganismos benéficos para el suelo y plantas en diferentes tiempos de aplicaciones, que servirán para futuros estudios replicando a diferentes cantidades de fertilizantes en este cultivo para pequeños y medianos productores de la región Sierra ecuatoriana.

Según Valencia (2014), en su estudio Efecto de la aplicación de cuatro dosis del biofertilizante fertibacter en el rendimiento del cultivo de maíz en Babahoyo, tuvo como resultados que, los mayores rendimientos de granos se obtuvieron con los tratamientos que incluyen al híbrido '30F35' fertilizado con 500 y 400 g ha<sup>-1</sup> de Fertibacter, con promedios de 10.028 y 9.905 t ha<sup>-1</sup>, superando al testigo sin Fertibacter en 20.34% y 18.86% respectivamente, y a su vez lograron las mayores utilidades económicas por hectárea.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el comportamiento agronómico del maíz (*Zea mays* L.) con diferentes estrategias de fertilización en San José de Chaltura - Imbabura

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros agronómicos de la producción de maíz en choclo mediante la aplicación de fertilización química y biofertilizante.
- Comparar el rendimiento del maíz en los diferentes manejos de fertilización.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis nula**

La aplicación de biofertilizante fertibacter no influye en el rendimiento de maíz.

### **1.5.2 Hipótesis alterna**

La aplicación de biofertilizante fertibacter influye en el rendimiento del cultivo de maíz.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Maíz (*Zea mays* L.)

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las especies que puede ser cultivado en diferentes climas, suelos, latitudes y altitudes, es una de las gramíneas más cultivadas a nivel internacional por su gran importancia en la industria alimenticia humana y animal, ocupando el segundo lugar en superficie sembrada, solo superado por el trigo (*Triticum aestivum*) (Ávila et al., 2016).

En Ecuador el cultivo de maíz es fundamental en la agricultura ecuatoriana, por el papel importante que cumple en la seguridad alimentaria de la población, según Velásquez et al. (2023), hasta el 2021 es de 263 200 95 hectáreas la superficie sembrada del cultivo de maíz. Las provincias que más se produce el cultivo de maíz en el país son: Los Ríos, Esmeraldas, Guayas y Loja, y se utiliza para una variedad de propósitos, incluyendo alimentos, forraje, bebidas y productos industriales. El Ministerio de Agricultura y Ganadería llegó a un acuerdo con el fabricante y la industria para establecer un precio de apoyo mínimo para el almidón amarillo. El producto contiene 13 % de agua y el 1 % de impurezas, con el precio más bajo de 15.33 el quintal, hasta diciembre de 2023 (Yara, 2023).

#### 2.2 Descripción taxonómica

En la Tabla 1 se presenta la descripción taxonómica del maíz.

**Tabla 1.**

*Clasificación taxonómica del maíz*

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae barnhart
<b>Género:</b>	<i>Zea</i>
<b>Especie:</b>	<i>Zea mayz</i> L.
<b>Nombres Comunes:</b>	Maíz, maíz suave amarillo.

Fuente: Ortigoza et al., (2019)

## **2.3 Descripción botánica del cultivo de maíz**

### **2.3.1 Raíz**

Según Obando (2019), la raíz es el primer componente del embrión que brota cuando la semilla germina, las raíces pueden llegar a una profundidad hasta 1.8m. El sistema radical presenta tres tipos de raíces: Las raíces primarias, las raíces adventicias y las raíces de sostén.

### **2.3.2 Tallo**

Los nudos y entrenudos que forman el tallo central de la planta de maíz tienen una amplia variedad de tamaños y números. Las raíces principales y los brotes laterales del tallo emergen de su parte inferior, subterránea, que tiene entrenudos muy cortos. En corte transversal, se puede ver que los entrenudos superiores son cilíndricos y que la epidermis está compuesta de paredes gruesas y haces vasculares, que sirven principalmente como conductos para el agua y los nutrientes derivados del suelo o producidos en las hojas (Ortigoza et al., 2019).

### **2.3.3 Hojas**

Las hojas de maíz son largas, poseen un gran tamaño, lanceoladas, alternas y paralelinervias, se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. El extremo de las hojas tiene características de afilados y cortantes, Las hojas están diseñadas para introducir el agua, mediante las estomas a los tallos, y es entre la hoja y el tallo que se desarrolla la denominada mazorca (Romero, 2023). La hoja consta de tres partes: la vaina, lámina y la lígula. La vaina envuelve al entrenudo y cubre a la yema floral; la lámina es de tamaño variable en largo y ancho, con una nervadura central bien definida, la parte superior con pequeñas vellosidades, la parte inferior lisa sin vellosidades; y la lígula en la base de la hoja, parte pergaminosa; también en la base está la aurícula que envuelve al entrenudo (Ayala y Oñate, 2007).

### **2.3.4 Inflorescencia**

La inflorescencia femenina, también conocida como espiga, está formada por un racimo cilíndrico de flores femeninas, cada una de las cuales es capaz de desarrollar una cariopsis o fruto si la polinización se lleva a cabo con normalidad. Los estilos pueden aparecer dos o tres días después de la anthesis (Saavedra, 2014).

La panícula o espiga tiene como único objetivo producir suficientes granos de polen para garantizar la fecundación de la mazorca, que se encuentra debajo. Se cree que la panícula de una planta robusta y saludable libera entre dos y cinco millones de granos de polen. Aproximadamente una semana después de emerger por primera vez, la panícula comienza a

hacer antesis o a liberar polen (Saavedra, 2014). En el caso de maíz existe un gran porcentaje de polinización cruzada lo que hace del maíz una planta típicamente Alógama (Avila et al., 2016)

Inicialmente, ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales; durante el proceso de desarrollo los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y quedan así solo las inflorescencias femeninas. Del mismo modo, los primordios de gineceos en la inflorescencia apical abortan y quedan entonces solo inflorescencias masculinas. La determinación del sexo en el maíz es un proceso complejo que involucra una interacción entre determinantes genéticos (genes masculinizantes y feminizantes), ambientales, giberelinas y hormonas de la planta del tipo de los esteroides (Paliwal, 2001).

### **2.3.5 Granos de polen o estigmas**

El polen de maíz es una estructura trinuclear; tiene una célula vegetativa, dos gametas masculinas y numerosos granos de almidón; su gruesa pared tiene dos capas, la exina y la intina y es bastante resistente. A causa de las diferencias de desarrollo entre las florecillas superiores e inferiores en las espiguillas masculinas y la maduración asincrónica de las espigas, el polen cae continuamente de cada espiga por un período de una semana o más (Paliwal, 2001).

### **2.3.6 Mazorca**

A diferencia de la mayoría de las gramíneas, el maíz tiene una mazorca compacta que está protegida por hojas modificadas que, en la mayoría de los casos, la rodean por completo (Ortigoza et al., 2019).

Presenta una gran diversidad en cuanto a su forma, tamaño y cantidad de hileras. Su dimensión y número son aspectos clave, ya que influyen directamente en el rendimiento del grano. Entre los factores determinantes se encuentran la longitud, la cantidad de hileras, el peso del grano y el número de mazorcas por planta. Sin embargo, estos atributos tienen una baja heredabilidad, lo que significa que el entorno ejerce una fuerte influencia sobre ellos (Ayala y Oñate, 2007).

### **2.3.7 Grano de la mazorca**

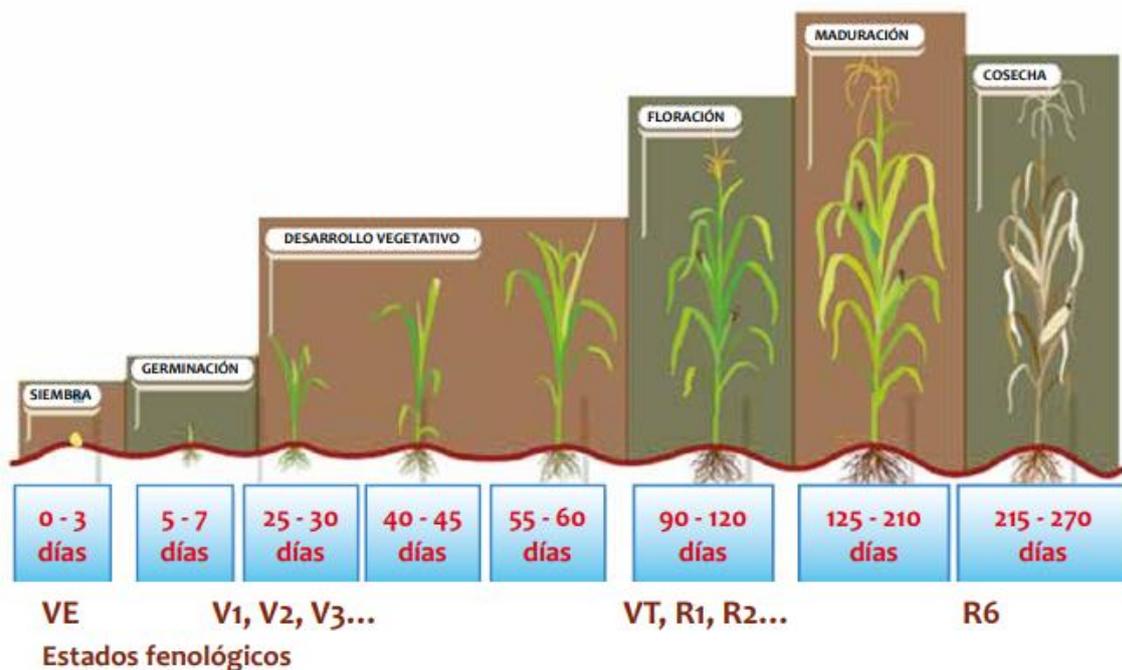
El grano o fruto del maíz es tipo cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. La parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona (Paliwal, 2001)

## 2.4 Ciclos del cultivo de maíz

La etapa fenológica se encuentra comprendida entre dos fases fenológicas consecutivas, con el desarrollo de nuevos órganos desde la germinación, floración y la producción del fruto (Guzmán, 2017). Dentro de algunas etapas, existen períodos críticos, que corresponden a lapsos breves en los cuales la planta es altamente sensible a ciertos eventos meteorológicos. Las variaciones en estos eventos pueden influir en el rendimiento del cultivo. Estos períodos críticos suelen ocurrir poco antes o después de las fases y etapas permiten evaluar la velocidad de desarrollo de las plantas como se indica en la Figura 1 (Zambrano et al., 2021).

### Figura 1.

*Estados fenológicos de maíz de la sierra ecuatoriana.*



Fuente: Zambrano et al. (2021).

### 2.4.1. Etapa Vegetativa

Un collar de hojas en las hojas recién emergidas indica que la planta está en la etapa vegetativa (V). Hay tres componentes principales en una hoja de maíz: el cuerpo, la vaina y el cuello. La hoja se considera completamente emergida y se cuenta parte del conteo oficial dentro de este sistema de clasificación del crecimiento cuando se observa un cuello. Las etapas vegetativas

de desarrollo comienzan con la emergencia (VE), y progresan numéricamente con cada hoja adicional hasta que emerge la panoja (Wallace, 2015).

#### **2.4.2. Etapa Reproductiva**

Con excepción de la primera etapa reproductiva (R1), que solo puede distinguirse por la aparición de estigmas de las cáscaras, las etapas reproductivas se caracterizan por el desarrollo de granos en la mazorca (Wallace, 2015).

### **2.5 Zonas de producción de maíz en Ecuador**

De las regiones del país, la región Costa es la que más produce maíz duro ya que es uno de los principales cultivos, en todo el país, debido a que su importancia radica en la utilización para la elaboración de alimentos balanceados, de gran consumo en la industria agropecuaria., mientras que en la región Sierra se cultiva principalmente maíz suave, el cual es fundamental para la soberanía alimentaria, ya que constituye un alimento esencial en la dieta diaria de los habitantes de las zonas altas andinas (MAG, 2017). En la Tabla 2 se observan las provincias que más hectáreas siembran maíz, la producción y los rendimientos.

**Tabla 2.**

*Producción de maíz suave de la región Sierra del Ecuador 2024*

<b>Provincia</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>
Nacional	60 568	103 919	1.72
Bolívar	19 827	36 470	1.84
Chimborazo	9 544	16 875	1.77
Tungurahua	2 325	10 354	4.45
Cotopaxi	6 946	10 344	1.49
Pichincha	3 644	9 550	2.62
Imbabura	4 244	5 962	1.40
Otros	14 039	14 364	1.02

Fuente: MAG, (2024).

### **2.6 Principales plagas del cultivo de maíz identificadas a nivel del Ecuador**

Los principales insecto plaga que afecta hasta el 29% de daños al cultivo de maíz y pérdidas económicas (MAG, 2024) son los siguientes:

**Tabla 3.***Principales plagas del cultivo de maíz de la región Sierra*

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Métodos de control</b>
Gusano cogollero	<i>Spodoptera spp.</i>	El control cultural incluye un manejo adecuado de malezas, agronomía y fertilización para fortalecer las plantas y reducir el impacto de plagas. El control microbiológico usa microorganismos benéficos, destacando <i>Bacillus thuringiensis</i> , con hasta un 90% de efectividad. Y el control químico es común, pero se recomienda el uso de productos selectivos para minimizar el daño a organismos benéficos.
Gusano trozador	<i>Agrotis ipsilon.</i>	El trampeo, utilizando feromonas para atraer y monitorear insectos adultos, es un método económico y de bajo mantenimiento. El control biológico emplea agentes como crisopas y microorganismos entomopatógenos. El control químico recomienda insecticidas como Clorpirifos y Triazophos en dosis específicas, aplicados de forma adecuada para su efectividad.
Barrenador de la caña	<i>Diatraea spp.</i>	Los parasitoides más utilizados contra el Barrenador de la caña son <i>Trichogramma exiguum</i> , que parasita los huevos de <i>Diatraea spp.</i> y se aplica en dosis de 50 pulg <sup>2</sup> /ha/mes desde el primer mes hasta el séptimo. También se utiliza <i>Lydella minense</i> , una mosca que parasita principalmente las larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> , aunque no excluye otras especies del género <i>Diatraea</i> .
Mosca del choclo	<i>Euxesta eluta</i>	Se recomienda aplicar aceite comestible en las mazorcas (3 a 4 litros/ha <sup>-1</sup> ) para matar las larvas por asfixia al tapar sus espiráculos. Se debe aplicar con un aceitero, gotero, esponja, algodón o lana, colocando 3 gotas en la punta de la mazorca. Se deben realizar 3 aplicaciones.

Fuente: Obando, (2019), Amaguaña, (2019), INIAP, (n.d.) e Instituto Colombiano Agropecuario, (n.d.).

## **2.7 Enfermedades**

Dentro de la Sierra ecuatoriana hay enfermedades que afectan al cultivo de maíz, donde el 27% de pérdida de la superficie se debe a las plagas y enfermedades (MAG, 2024).

### **2.7.1 Pudrición del tallo (*Erwinia carotovora f. sp Zeae*)**

Las plantas infectadas muestran un color más oscuro y una pudrición acuosa en la base del tallo, lo que produce que la planta se vire. Las plantas mueren al poco tiempo de florecer. La descomposición bacteriana produce generalmente un olor desagradable (Peñaherrera, 2011). Su control es:

- Usar semilla libre de enfermedades.
- Sacar los residuos de la cosecha anterior fuera del lote donde se sembrará.
- A las plantas enfermas es preferible quemarlas.

### **2.7.2 Roya (*Puccinia sorghi*)**

Presencia de pústulas (abultamientos) asiladas sobre las hojas, estas pústulas son de color café oscuro a café rojizo (Peñaherrera, 2011). Se recomienda sembrar variedades resistentes y el uso de fungicidas foliares al inicio de la temporada es una estrategia eficaz para prevenir el desarrollo de la enfermedad (BASF, 2023).

### **2.7.3 Carbón del maíz (*Ustilago maydis*)**

Este hongo produce tumores donde se está formando la mazorca, los tumores al inicio son de color blanco y luego se vuelven de color negro. Las esporas de este hongo se trasladan por el viento, se impregnan donde se está formando la mazorca y gracias a la lluvia las mazorcas se humedecen y el hongo comienza a crecer (Peñaherrera, 2011). Para la enfermedad es fundamental aplicar abonados equilibrados basados en análisis de suelo, evitando el exceso de nitrógeno y la deficiencia de fósforo o sembrar semilla de certificadas de calidad, sacar las plantas enfermas y quemarlas (Corteva, 2020).

## **2.8 Fertilización química**

Se efectúa según las características de la zona de producción. Para una adecuada fertilización es necesario realizar el análisis químico del suelo por lo menos dos meses antes de la siembra. Se recomienda aplicar en suelos de fertilidad intermedia, 80 kg/ha de nitrógeno (N) y 40 kg de fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (Yáñez et al., 2013).

## **2.9 Fertilización orgánica**

Este método consiste en transformar las fuentes nutritivas (materias primas de origen natural, disponibles localmente preferiblemente) generalmente a base de microorganismos, para obtener un producto con nutrientes disponibles para las plantas. Las materias primas que puedes utilizar van desde estiércoles de ganado libres de hormonas y medicamentos hasta harinas de pescado, alfalfa o cangrejo para la elaboración de los abonos orgánicos (Montoya, 2021).

### **2.9.1 Fertilizantes orgánicos sólidos**

Existen fertilizantes tanto en forma sólida como líquida, entre los abonos sólidos orgánicos más utilizados se encuentran la composta, la lombricomposta, el bocashi y el abono elaborado a partir de lirio acuático. Todos estos permiten reutilizar los desechos agrícolas y animales, transformándolos en materia orgánica. Estos abonos orgánicos tienen propiedades fertilizantes que ayudan a un equilibrio de los nutrientes del suelo y al mejoramiento del suelo (Escalona et al., 2017).

### **2.9.2 Fertilizantes orgánicos líquidos**

Los abonos líquidos, los cuáles al igual que en los abonos sólidos tienen la finalidad de incorporar nutrientes al suelo y además mejorar la actividad microbiana del mismo. El humus de lombriz, la leonardita soluble, el guano, el té de compost, fertilizante de humus líquido con caldo sulfocálcico, y el caldo de estiércol de caballo, son los más usados, por su fácil manejo y preparación (García y Herrán, 2014).

Dentro de los fertilizantes líquidos se encuentran los biofertilizantes o inóculos microbiológicos que son obtenidos de fuentes naturales. Es fundamental identificar los microorganismos presentes, comprender su impacto en las plantas y conocer los nutrientes que necesitan, ya que, al aplicarse en un cultivo agrícola (Galindo et al., 2023). Los biofertilizantes se elaboran con diversos microorganismos que promueven el crecimiento de las plantas, entre los más estudiados y aplicados en cultivos se encuentran bacterias de los géneros: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, entre otros, así como micorrizas. Según su función metabólica, pueden clasificarse en fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo y productores de fitohormonas

Uno de los biofertilizantes es fertibacter a base de microorganismos que ayuda a devolver la vitalidad al suelo a través de procesos biológicos aumentando la tasa de descomposición de

materia orgánica, dando mayor facilidad de absorción de nutrientes y la estructura del suelo (Yáñez G. et al., 2015).

## 2.10 Biofertilizante Fertibacter

Es un bioestimulante y biofertilizante, formulado a partir de diferentes tipos de microorganismos que devuelven vitalidad al suelo a través de procesos biológicos aumentando la tasa de descomposición de materia orgánica, rompiendo cadenas moleculares fitotóxicas, integrando nitrógeno, solubilizando fósforos y compitiendo con posibles fitopatógenos causantes de daños y enfermedades en los cultivos (MicroAgro, 2022). El resultado de la rápida descomposición de la materia orgánica, es el incremento de elementos esenciales disponibles para las plantas, mejorando así su capacidad de respuesta inmunológica a plagas y enfermedades, generando así biomasa (Solis et al., 2017).

### 2.10.1 Composición del fertibacter

Fertibacter Maíz es un biofertilizante a base de bacterias *Bacillus* y *Pseudomonas* (Tabla 4), que benefician el suelo y la nutrición de las plantas. Se obtuvo tras recolectar microorganismos de la rizósfera del maíz en la Sierra ecuatoriana, seleccionar las mejores cepas en laboratorio e invernadero y evaluar su impacto en campo, eligiendo las más efectivas para mejorar el rendimiento del cultivo (Pincay et al., 2023).

**Tabla 4.**

*Composición del biofertilizante fertibacter, obtenida de Pincay et al., (2023)*

<b>Ingredientes</b>	<b>Concentración</b>
Microorganismos ( <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i> )	10 <sup>9</sup> UFC/ml
Melaza	2%

- *Bacillus subtilis*: Estos bacilos Gram positivos, con movilidad flagelar y facultativos en cuanto a oxígeno, producen compuestos que regulan el crecimiento vegetal, favoreciendo la germinación y el desarrollo de las plantas. Su capacidad para formar endosporas les brinda resistencia y permite su aislamiento en diversos ambientes, siendo el suelo su principal hábitat debido a la disponibilidad de sustratos orgánicos (Pincay et al., 2023). Crecen óptimamente a pH neutro y soportan un amplio rango de temperaturas, su diversidad metabólica les permite promover el crecimiento vegetal,

producir sideróforos y fitohormonas, y controlar patógenos, lo que los hace ideales para biofertilizantes (Villarreal et al., 2018).

- *Pseudomonas fluorescens*: Estos bacilos Gram negativos, con movilidad flagelar y capacidad para producir pigmentos fluorescentes, habitan libremente en el suelo y el agua, donde aprovechan diversos sustratos para su crecimiento, soportan temperaturas entre 10°C y 42°C y son ampliamente estudiados debido a su producción de metabolitos como sideróforos, antibióticos, compuestos volátiles, enzimas y fitohormonas, los cuales favorecen el crecimiento vegetal.(Pincay et al., 2023).

### **2.10.2 Modo de aplicación**

Puede aplicarse por riego por goteo, por inmersión o en drench, en sistemas de producción convencionales y en agricultura orgánica. En campo o invernadero. Es producto biológico inocuo para el ser humano, animales y ecosistemas (MicroAgro, 2022). No debe mezclarlo con productos químicos ni agrotóxicos en especial a base de aluminio o cobre; pues esto reduciría su eficiencia, no debe ser diluido, aunque haya sido bien lavado con agua, además el recipiente no debe contener sustancias químicas ni tóxicas aún bien lavado, también antes de hacer la activación, es mejor lavar sus manos para tener mayor bioseguridad y evitar contaminaciones (Pincay et al., 2023).

### **2.11 Costos de producción del cultivo de maíz**

El costo asociado a la producción de una hectárea de maíz depende de los equipos, suministros y métodos empleados en el proceso productivo (Mosquera, 2023). Según Sangoquiza et al. (2024), en su estudio los costos de producción del cultivo de maíz en choclo mediante el manejo convencional es de \$1792.86 dólares por hectárea, mientras que con la aplicación de bioinoculantes como el fertibacter es de \$1511.74 dólares, disminuyendo \$280 en comparación al manejo convencional.

La comercialización se lleva a cabo en sacos de choclos, con un precio estimado de \$9.51 por unidad. Sin embargo, los valores en el mercado pueden variar considerablemente según la temporada de producción (Zambrano et al., 2021).

### **2.12 Indicadores económicos**

Para el análisis económico se utilizaron como referencia diversos indicadores financieros. Los siguientes indicadores permiten estimar las ganancias potenciales obtenidas tanto a través del método de producción tradicional como mediante el uso del biofertilizante fertibacter. De esta

manera, se busca evaluar cuál de estas técnicas resulta más eficiente en términos económicos (Zambrano et al., 2021).

- Ingreso Bruto (\$/lote): Es la suma de cada uno de los productos y subproductos, multiplicado por los precios esperados en el presupuesto.
- Ingreso Neto (\$/lote): Es el resultado del Ingreso Bruto menos el Costo Total.
- Rentabilidad Simple (%): Es el porcentaje resultante entre el Ingreso Neto dividido para el Costo Total y multiplicado por 100.
- El Beneficio/Costo: En el resultado de la división entre el Ingreso Bruto dividido para el Costo Total. Cuando el resultado es mayor a 1, indica que hay ganancia; cuando el resultado es igual a 1 indica que no hay ganancia ni pérdida; y cuando el resultado es menor a 1, indica que hay pérdida en la inversión.

### **2.13 Marco legal**

Para el desarrollo de la presente investigación se debe recalcar la normativa vigente en la Constitución de la república del Ecuador 2008.

El Artículo 281 define la soberanía alimentaria como un objetivo estratégico y una responsabilidad del Estado. Esto implica garantizar que las personas y colectividades logren la autosuficiencia en alimentos saludables y culturalmente adecuados de manera continua. En Ecuador, este compromiso exige fomentar cultivos que contribuyan significativamente a la seguridad y soberanía alimentaria, utilizando para ello la investigación científica y la innovación tecnológica como herramientas clave (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

Por su parte, el Artículo 320 resalta que los procesos productivos deben gestionarse de manera participativa, transparente y eficiente, respetando principios de calidad, sostenibilidad, productividad y valoración del trabajo. Esto implica que cualquier producto generado debe cumplir con estándares necesarios para ser nutritivo, de calidad y valioso para el consumidor (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

Adicionalmente, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura, el doceavo objetivo promueve el uso eficiente de los recursos naturales, la reducción del impacto ambiental reduciendo la contaminación por el uso excesivo de agroquímicos, mejorar la calidad del suelo y la implementación de estrategias que contribuyan a la sostenibilidad del sistema alimentario global, aumentando la productividad de manera responsable.

# CAPITULO III

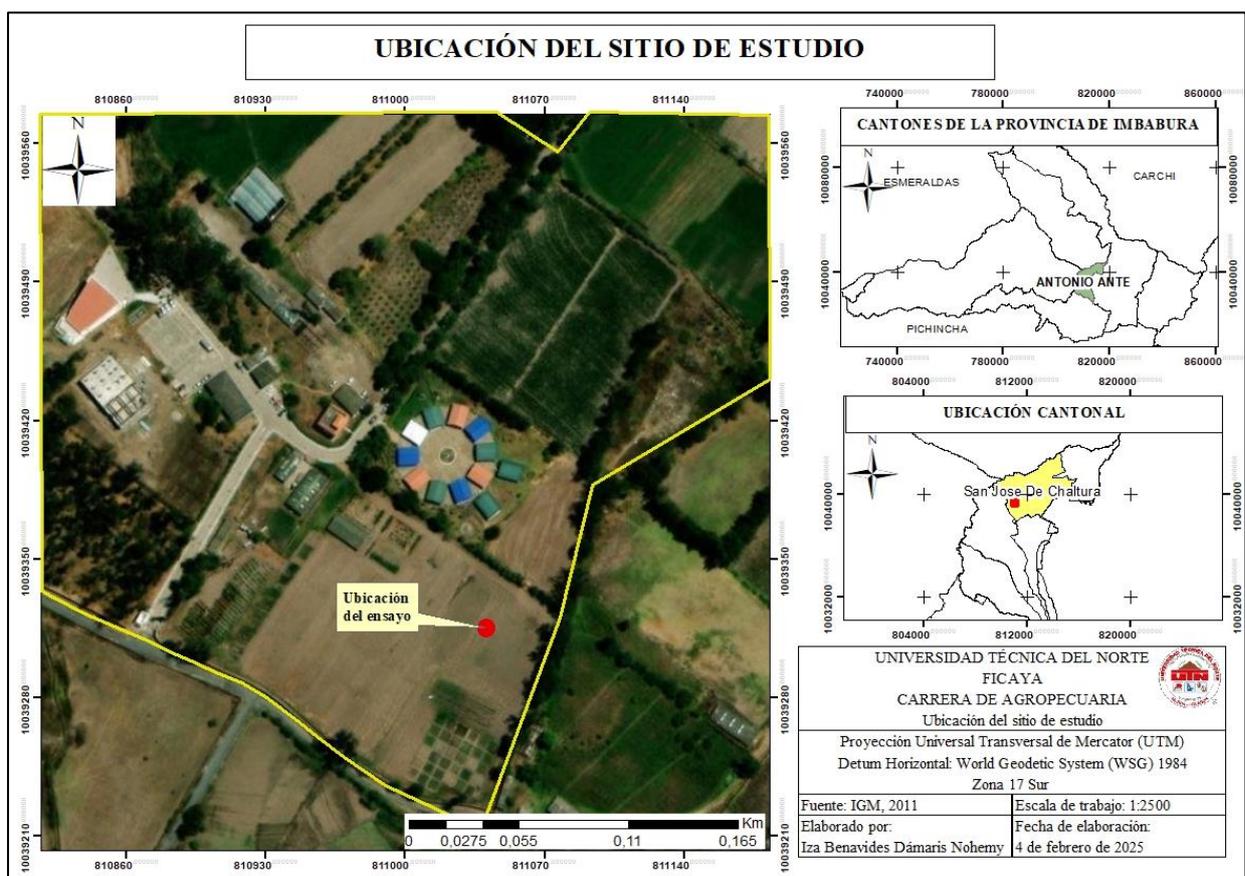
## MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la Granja Experimental La Pradera de la Universidad Técnica del Norte, donde se seleccionó un área para la implementación del ensayo (Figura 2).

**Figura 2.**

*Mapa de ubicación del lote de investigación de maíz en la Granja Experimental La Pradera, en Chaltura-Imbabura*



#### 3.1.1 Características políticas y edafoclimáticas de la ubicación de la investigación

La Granja Experimental “La Pradera” presenta las siguientes condiciones climáticas y geofísicas.

En la Tabla 5 se muestra las características edafoclimáticas de la zona experimental.

**Tabla 5.***Ubicación geográfica y características edafoclimáticas del área de estudio*

<b>Ubicación</b>	<b>Descripción</b>
Provincia:	Imbabura
Cantón:	Antonio Ante
Parroquia:	San José de Chaltura
Lugar:	Granja Experimental “La Pradera”
<b>Situación geográfica</b>	
Latitud:	0°21'19.1"N
Longitud:	78°12'20.5"O
Altitud	2267 m s. n. m.
<b>Características climáticas</b>	
Precipitación	500 a 700 mm
Temperatura	14 a 16 °C
Humedad relativa	10 a 40%

### 3.2 Materiales

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales, insumos y herramientas que fueron de importancia para la investigación (Tabla 6)

**Tabla 6.***Materiales, equipos e insumos utilizados durante la experimentación en campo*

<b>Materiales de oficina</b>	<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales biológicos</b>	<b>Insumos</b>
Computadora	Cinta métrica	Semilla local de maíz,	Fertibacter
Libro de campo	Calibrador	sector de Natabuela	Fertilizante químico
Registros	Azadón		Plaguicidas (Chlorpyrifos,
Material	Pala		Spinetoram, Cipermetrina)
bibliográfico	Tractor		Herbicida (Nicosulfuron y
Cámara	Botas		thifensulfuron-methyl)
fotográfica	Bomba de mochila		
Esferos			

### 3.3 Métodos

La presente investigación es un estudio del tipo experimental en el cual se evaluó el rendimiento del cultivo de maíz bajo la aplicación de distintos tipos de fertilización en la Granja Experimental La Pradera.

#### 3.3.1 Factor en estudio

Dentro de la presente investigación se evaluó los fertilizantes químico y orgánico en fase de campo.

#### Factor 1: Fertilizantes

#### 3.3.2 Tratamientos del estudio

Se presenta la Tabla 7 con los tratamientos que se investigó con su identificación en campo.

#### Tabla 7.

*Descripción de los tratamientos evaluados*

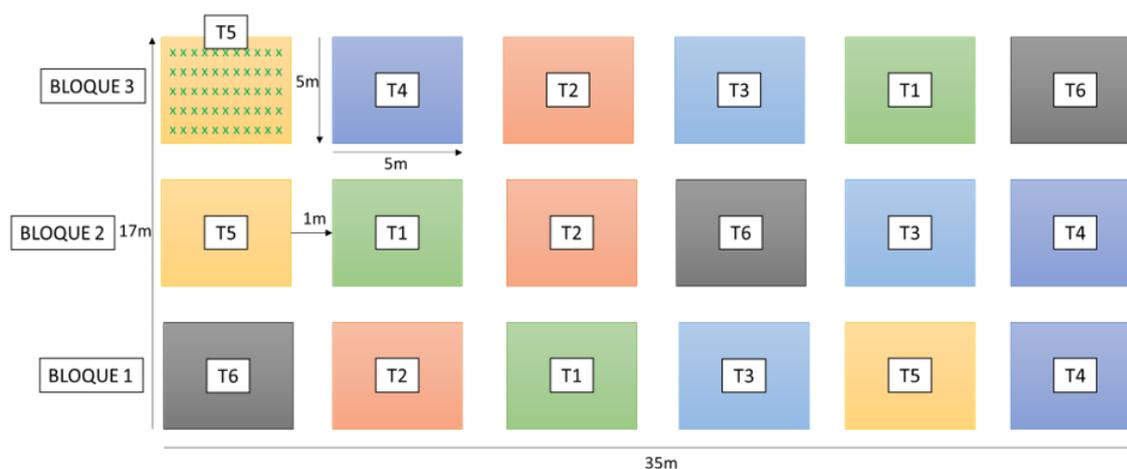
Tratamientos	Descripción	Código
T1	Fertibacter inoculación en semilla + 50% Fertilización química	FB+50FQ
T2	Fertibacter inoculación en semilla + 50% Fertilización química y Drench a los 45 días	FB+FQ+45D
T3	Fertibacter inoculación en semilla + 50% Fertilización Química, drench a los 45 días y drench a los 60 días	FB+50FQ+45D+60D
T4	Fertilización química (100%) en siembra, fertibacter en drench a los 45 días y drench a los 60 días	100FQ+45D+60D
T5	Fertilización química (100%) en siembra y fertibacter en drench a los 45 días	100FQ+45D
T6	Fertilización química 100 % (Testigo)	100FQ

#### 3.3.3 Diseño experimental

Para la evaluación de Fertilizantes en la producción de maíz se utilizó un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres bloques y seis tratamientos. En la Figura 3 se muestra la implementación del diseño experimental.

**Figura 3.**

*Croquis del ensayo experimental Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA).*



### 3.3.4 Características del experimento.

En la Tabla 8 se presenta las características generales del estudio.

**Tabla 8.**

*Características del experimento*

Descripción	Valor
Números de tratamientos	6
Número de unidades experimentales	18
Área total del ensayo	595 m <sup>2</sup> (35m x 17m)

A continuación, se detallan las características de la unidad experimental correspondientes a cada tratamiento, como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Características de la unidad experimental.*

Datos	Medidas
Largo de la unidad experimental (m)	5 m
Ancho de la unidad experimental (m)	5 m
Número de hileras	5
Distancia entre unidades experimentales (m)	1
Número de plantas por unidad experimental	110

### 3.3.5 Análisis estadístico.

En la siguiente Tabla 10 se presentan los esquemas del análisis de varianza (ADEVA) del DBCA, se realizó un análisis de varianza con pruebas de medias LSD Fisher ( $\alpha=0.05$ ), con el paquete estadístico InfoStat versión 2022.

**Tabla 10.**

*Análisis de varianza “ADEVA” de los tratamientos de estudio*

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Bloque	3-1= 2
Fertilizantes	2-1= 1
Aplicaciones	2-1=1
Fertilizante x Aplicaciones	(2-1) (2-1) = 1
Error	6
Total	(3)(2)(2)-1=11

### 3.4 Variables evaluadas

Las siguiente variables cuantitativas son de mayor importancia, estas variables fueron medidas mediante los protocolos establecidos por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 2016). Las cuales se detallan a continuación:

#### 3.4.1 Porcentaje de germinación

Esta variable se tomó tres lecturas a partir de los siete días después de la siembra cada siete días, se contabilizó el número de plantas germinadas de cada unidad experimental y se utilizó la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de germinación:

$$\%G = \frac{\#Plantas\ germinadas}{\# Semillas sembradas} \times 100$$

#### 3.4.2 Altura de la planta

Se tomó cinco plantas al azar por cada unidad experimental, se tomaron seis lecturas desde el día treinta y seis después de la siembra cada siete días hasta el día setenta y uno después de la siembra, se midió desde el día el punto de inserción de las raíces (corona) hasta la hoja bandera en centímetros con una cinta métrica.

#### 3.4.3 Diámetro del tallo

Se escogieron cinco plantas al azar por cada unidad experimental se midió desde el día treinta y seis después de la siembra una vez a la semana, hasta el día setenta y uno después de la

siembra, se midió con un calibrador desde la parte prominente del tallo, los datos fueron registrados en centímetros, se tomaron seis lecturas (Figura 4).

**Figura 4.**

*Medición del diámetro del tallo de la planta de maíz*



**3.4.4 Porcentaje de acame de raíz**

El acame de raíz se lo evaluó haciendo el conteo de plantas caídas por unidad experimental las cuales presentaban quiebre en el punto de unión entre la raíz y tallo de la planta, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%acame R = \frac{\#Plantas\ acamadas\ en\ raíz}{\# plantas} \times 100$$

**3.4.5 Porcentaje de acame de tallo**

El acame de tallo se da cuando la planta se quiebre arriba de los cincuenta centímetros de la base de la corona. Esta variable se midió haciendo el conteo de acame en porcentaje por unidad experimental y se usó la siguiente fórmula:

$$\%acame T = \frac{\#Plantas\ acamadas\ en\ tallo}{\# plantas} \times 100$$

**3.4.6 Días a la floración femenina (emisión de estigmas)**

Se tomó en cuenta el número de días desde la siembra hasta que emergieron los estigmas en un cincuenta por ciento de las plantas por unidad experimental.

**3.4.7 Rendimiento de producción en mazorca tierna o choclo**

Para evaluar esta variable al momento de la cosecha se clasificó por categorías (Primera, segunda y tercera) los choclos de la parcela neta de cada unidad experimental (Figura 5), también se utilizó una balanza para pesar las mazorcas de cada categoría y de los bordes.

## **Figura 5.**

### *Clasificación de mazorcas*



#### **3.4.8 Rentabilidad económica**

Es necesario realizar una estimación de la producción al momento de la cosecha. A esta estimación de producción se le realiza una multiplicación por el precio, y posteriormente se le restan los costos de producción de acuerdo a los indicadores económicos: ingreso bruto, ingreso neto, rentabilidad simple y la relación beneficio/costo (Rotoplas Agro, 2021). Con este propósito, se documentaron en el libro de campo el tiempo y el costo aproximado de cada labor agrícola, así como los gastos relacionados con cada tratamiento.

### **3.5 Manejo del experimento**

#### **3.5.1 Toma de muestras de suelo y análisis de suelo**

Se aplicó un método de muestreo aleatorio, el cual implica la toma de submuestras en diferentes puntos del campo y mezclarlas de manera exhaustiva, con el fin de obtener una muestra compuesta de alrededor de 1 kg que se envió para el análisis a laboratorio (Agrocalidad, 2018).

#### **3.5.2 Preparación del suelo**

En la Granja Experimental La Pradera se preparó el suelo mediante labranza convencional. Primero la arada, seguido de dos pases de rastra con tractor (Figura 6), posteriormente la limpieza del suelo del cultivo anterior con rastrillo.

## Figura 6.

*Preparación del suelo del área de estudio*



### 3.5.3 Fertilización

Se realizó de acuerdo con el análisis inicial de suelo, dando resultados de valores medios para nitrógeno, fósforo y potasio (Anexo 1). De acuerdo a lo presentado por Alvarado et al., (2009), en la Tabla 11 se muestra las recomendaciones de las cantidades de fertilización según el análisis de suelo. Se fertilizó al momento de la siembra con fertilizante químico (10-30-10) fraccionado en los tratamientos correspondientes, seguido de urea a los 45 y 60 días después de la siembra. El drench se calculó la cantidad de 53ml de fertibacter por litro de agua, en total se utilizó 10 litros para las unidades experimentales señaladas con fertibacter a los 45 días después de la siembra, de igual manera cuando fue el drench a los 60 días donde se usó 5 litros para los tratamientos.

**Tabla 11.**

*Recomendaciones de fertilización para maíz, información obtenida de Alvarado et al., (2009).*

Análisis de Suelo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
	Kg ha <sup>-1</sup>			
Bajo	80 - 120	60 - 80	40 - 60	20 - 30
Medio	60 - 80	40 - 60	20 - 40	10 - 20
Alto	20 - 60	0 - 40	0 - 20	0 - 10

### 3.5.4 Siembra

La siembra se realizó manualmente colocando 2 semillas a una distancia de 25 cm entre plantas y 80 cm entre surcos, dando una densidad de 50 000 semillas por hectárea. En el ensayo se utilizó 1980 semillas de natabuela en 595m<sup>2</sup>. La época de siembra fue en el mes de Octubre

con el inicio de la temporada de lluvias, según lo recomendado para las zonas donde se realizarán los ensayos (Ortigoza et al., 2019). La mitad de la semilla fue tratada con insecticida (Thiamethoxam) para los tratamientos donde solamente va la fertilización química (T4, T5 Y T6) en la siembra para evitar el daño de gusanos trazadores y vectores de enfermedades, la demás semilla se inoculó 10 minutos antes de la siembra en un lugar fresco y en sombra con fertibacter según las recomendaciones de Zambrano et al., (2020) (Figura 7).

**Figura 7.**

*Siembra convencional del cultivo de maíz*



**3.5.5 Control de malezas**

En las parcelas se realizó un control en pre-emergencia en el área del lugar de manera manual, seguido del uso de herbicida Dublon Gold (Nicosulfuron y thifensulfuron-methyl) con dosis de 50g por hectárea (Figura 8). Después el control de malezas se realizó de manera manual.

**Figura 8.**

*Aplicación de herbicida en el cultivo de maíz*



**3.5.6 Control de plagas**

Se realizó el control de gusano cogollero (*Spodoptera* spp.) con insecticida Chlorpyrifos, (Clorpilac) a 25cc/20 litros de agua a los 24 días después de la siembra, y la insecticida spinetoram (solaris) a 10cc en 20 litros de agua a los 47 días después de la siembra y para

mosca de mazorca (*Euxesta eluta*) se usó el insecticida cipermetrina (perimeta) a dosis de 35cc en 20 litros de agua a los 98 días después de la siembra. La aplicación según la incidencia de los mismos, de acuerdo a lo establecido en la guía de cultivo de maíz para la sierra del Ecuador (Yáñez et al., 2013).

**Figura 9.**

*Plagas gusano cogollero (A) y mosca de la mazorca (B)*



**3.5.7 Cosecha en fresco**

Se realizó la cosecha en estado de choclo a los 121 días después de la siembra, el 21 de febrero del año 2024, se clasificó en categorías las mazorcas de la parcela neta para luego con el uso de una balanza pesar cada categoría y los choclos del borde de las unidades experimentales.

**Figura 10.**

*Peso de cada categoría de las mazorcas*



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del estudio que se evaluó diferentes estrategias de fertilización con la semilla de maíz de la localidad de Natabuela. Mediante el uso de parámetros estadísticos según el valor de significancia (valor p) para cada variable a evaluar, para poder determinar el uso del biofertilizante (fertibacter) en el cultivo de maíz a campo abierto.

#### 4.1 Porcentaje de germinación

En la Tabla 12, se presenta los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación, indica que hay interacción entre el tiempo de evaluación y los tratamientos ( $F=0.79$ ;  $gl=10, 34$ ;  $p=0.0484$ ), también hay diferencia significativa para la variable días después de la siembra con un valor  $p<0.0001$ .

**Tabla 12.**

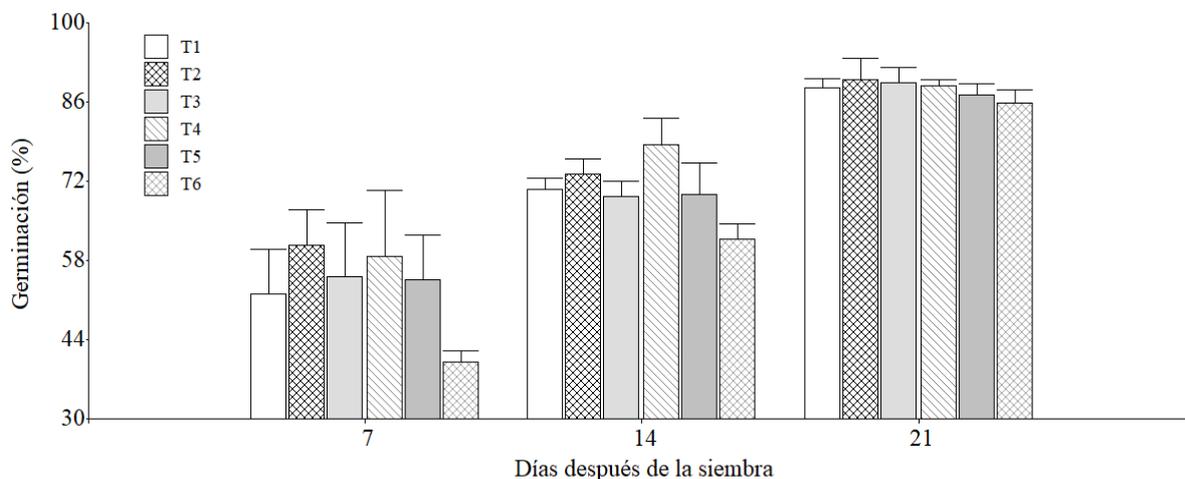
*Tabla de la adeva de la variable porcentaje de germinación*

Fuentes de variación	glfv	gl EE	Valor F	Valor P
Días después de la siembra (Dds)	2	34	96.60	<0.0001
Tratamientos	5	34	2.36	0.0609
Dds: Tratamientos	10	34	0.79	0.0484

Al momento de la siembra los tratamientos T1 (FB+50FQ), T2 (FB+50FQ+45D) y T3 (FB+50FQ+45D+60D) se realizó el mismo manejo al inocular la semilla con el biofertilizante compuesto por *Basillus subtilis* y *Pseudomona fluorescens*. De acuerdo con los resultados obtenidos en la Figura 11, en el día 7 el T2 fue mayor con un valor de 60.61% con respecto al T6 (100FQ) que registro un valor del 40% y fue estadísticamente diferente, esta diferencia representa el 20.61% más de germinación con la inoculación del biofertilizante en la semilla.

**Figura 11.**

*Efecto de los tratamientos en la variable porcentaje de germinación de las semillas de maíz*



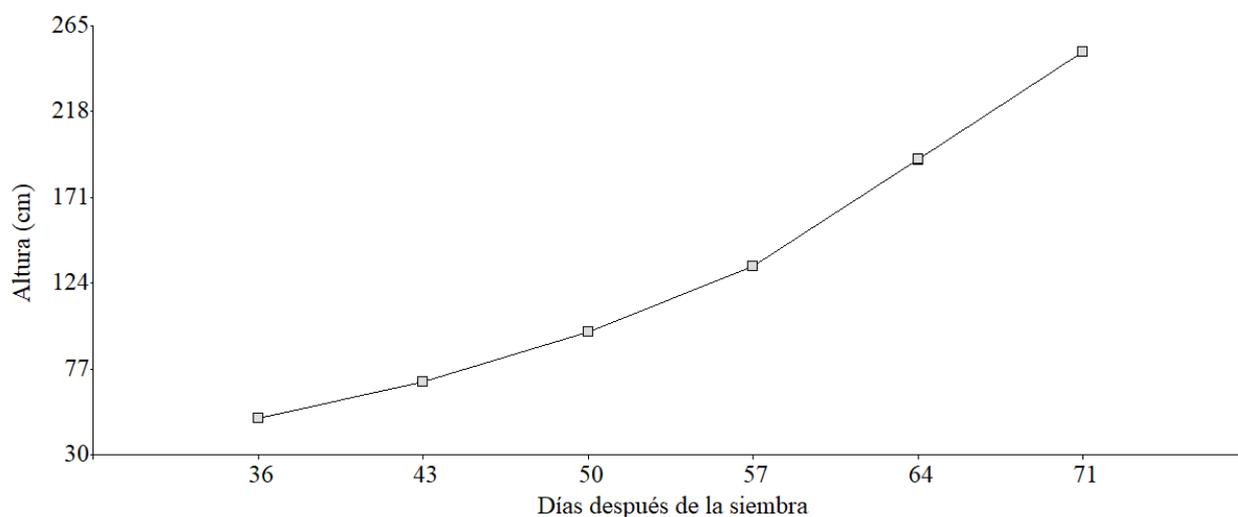
En el estudio realizado por Rojas Badía et al. (2020), menciona en su investigación que el porcentaje de germinación fue de 100% para las cuatro cepas de microorganismos del género *Bacillus*, porcentajes que fueron 50% superior al testigo (monitoreo realizado 11 después de la siembra), el estudio mencionado fue desarrollado en condiciones de laboratorio, mientras que en la presente investigación, la evaluación fue campo abierto, siendo el máximo de germinación el T2 (FB+50FQ+45D) con el 60.61% a los 7 días, no obstante, a los 21 días todos los tratamientos alcanzan un promedio de 88% de germinación, viabilidad que puede estar asociada a las condiciones de suelo y condiciones ambientales.

#### **4.2 Altura de la planta**

Los resultados del análisis de varianza indica que no existe interacción entre los tratamientos analizados durante los días de evaluación ( $F=1.07$ ;  $gl=25, 502$ ;  $p=0.3737$ ) para la variable altura de la planta. De forma independiente no existe diferencias significativas para los tratamientos en estudio ( $F=9.75$ ;  $gl=5, 502$ ;  $p=0.0501$ ), sin embargo, si existe diferencias estadísticas significativas para la variable altura de la planta respecto a los días de evaluación ( $F=2006.21$ ;  $gl=5, 502$ ;  $p=0.0001$ ), lo cual está relacionado con el desarrollo fenológico del cultivo, llegando a alcanzar una media cercana a los 250 cm de altura a los 71 días (Figura 12).

**Figura 12.**

*Curva de crecimiento de la variable altura de la planta en relación a los días después de la siembra*



Si bien, no existe efecto de los tratamientos en estudio sobre el crecimiento del cultivo, se pudo apreciar que a los 71 días después de la siembra (inicio de floración), alcanza su máxima altura. Estudios realizados por Martínez et al. (2018), con 12 poblaciones de maíces nativos del sureste de México con potencial agronómico, informa que el mejor tratamiento para altura de planta fue la fertilización química 160-46-30 con el valor de 232 cm, seguido del tratamientos con las bacterias *Azospirillum brasilense* + 80-23-15 (Fertilizante químico) con el valor de 222 cm, mientras que la menor altura se tuvo con el testigo absoluto (sin biofertilizante y sin fertilización química) de 190 cm. En el presente estudio al no haber diferencias significativas entre tratamientos el uso de biofertilizante ante el uso de fertilizante químico no influye en la altura del cultivo.

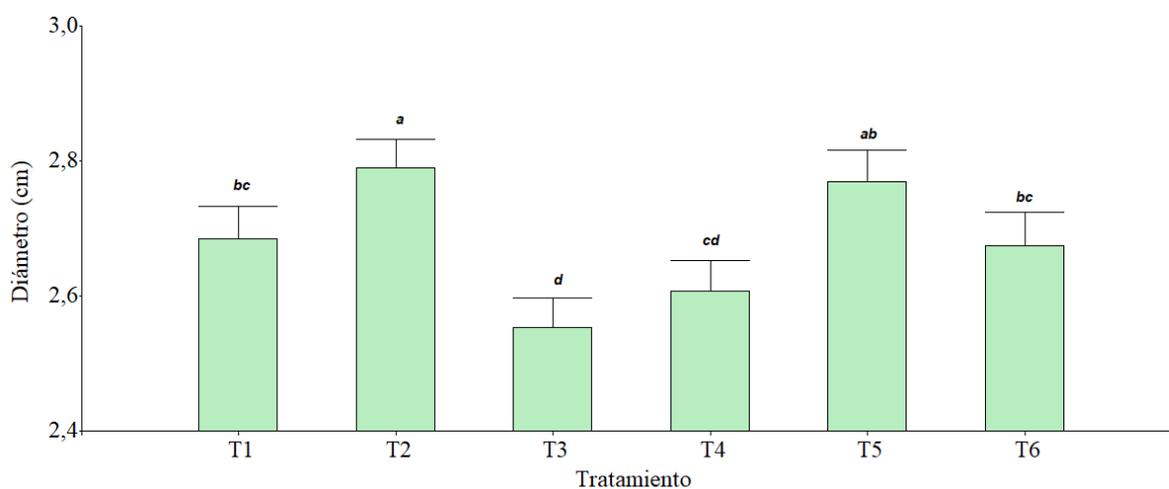
#### **4.3 Diámetro del tallo**

En la Tabla 13, los resultados del análisis de varianza de la variable diámetro del tallo, indican que no hay interacción entre días después de la siembra y tratamientos ( $F=0.33$ ;  $gl=25.502$ ;  $p=0.9993$ ). Sin embargo, hay diferencias significativas en tratamientos ( $F=10.07$ ;  $gl= 5, 502$ ;  $p<0.0001$ ), de igual manera, hay diferencias significativas en días después de la siembra ( $F=173.47$ ;  $gl= 5, 502$ ;  $p<0.0001$ ).

**Tabla 13.***Tabla del adeva de la variable diámetro del tallo.*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>glfv</b>	<b>gl EE</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Días después de la siembra (Dds)	5	502	173.47	<0.0001
Tratamientos	5	502	10.07	<0.0001
Dds: Tratamientos	25	502	0.33	0.9993

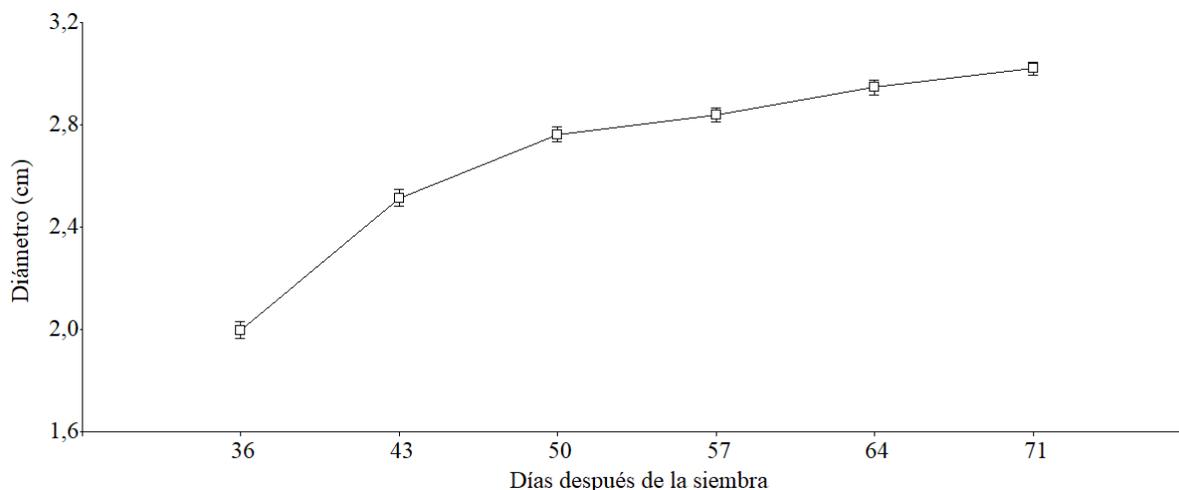
Con respecto a los tratamientos evaluados, con el tratamiento T2 y T5 presentaron diámetro de tallo cercano a los 2.8 cm, valores que superan en cerca de 0.11 cm respecto al resto de tratamientos T1 y T6, sin embargo, se puede apreciar que con el T3 y T4 se obtuvieron el menor diámetro de tallo con cerca de 2.5 cm, esto posiblemente está asociado con las características del tratamiento ya que recibe dos tiempos de aplicación del Fertibacter en drech a los 45 y 60 días después de la siembra (Figura 13).

**Figura 13.***Diámetro del tallo en relación a los tratamientos*

Con respecto a días después de la siembra de la variable diámetro del tallo, en la Figura 14 se puede observar que en el día 36 se obtiene un valor de 2.00 cm seguido del día 43 con 2.51cm, luego los días 50 y 57 que son similares estadísticamente con los valores de 2.76cm y 2.84cm y los días 64 y 71 con similitud con valores aproximados de 2.95cm y 3.02cm.

**Figura 14.**

*Diámetro del tallo en relación a días después de la siembra*



En el estudio realizado por Rivero Herrada et al. (2024), donde se aplicaron otros tipos de microorganismos fijadores de nitrógeno, se inoculó la semilla previamente antes de la siembra, a los 25 dds fue la segunda aplicación en el cultivo y la tercera aplicación a los 40 dds. Se encontró que a los 55 días después de la siembra, el mayor diámetro de tallo se obtuvo con el tratamiento T9 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum*, en dosis de 2 litros  $\text{ha}^{-1}$  + 2 litros  $\text{ha}^{-1}$ ), con 2.14 cm y los tratamientos que tuvieron menores diámetros de tallo fueron T4 (*A. chroococcum* en dosis de 2.0 L  $\text{ha}^{-1}$ ), con 1.77 cm y T10 control (sin aplicación) con un valor de 1.66 cm. En la presente investigación el cultivo llegó a tener una media de 2.76 cm de diámetro en el día 50, obteniendo resultados mayores a todos los tratamientos de la investigación ya mencionada, llegando al día 71 dds a tener hasta 3 cm de diámetro.

#### **4.4 Porcentaje de Acame raíz**

Los resultados del análisis de varianza de la variable acamen de raíz, indican que no hay interacción entre días después de la siembra y tratamientos ( $F=0.50$ ;  $gl=5, 22$ ;  $p=0.7757$ ). También para el factor tratamientos no existe diferencia significativa ( $p=0.0510$ ). Mientras que para el factor días después de la siembra si existe diferencia significativa ( $F=12.63$ ;  $gl=1, 22$ ;  $p=0.0018$ ).

En la Tabla 14 se observa el aumento del porcentaje de acame en raíz se incrementa un 1.06% del día 62 al día 86.

**Tabla 14.***Porcentaje de acame de raíz en relación a los días después de la siembra*

<b>Días después de la siembra</b>	<b>%Acame de raíz</b>
62	0.14 ± 0.14 b
82	1.20 ± 0.25 a

El acame de raíz se es relacionado a la altura de la planta, condiciones ambientales como lluvias intensas, vientos y el mal manejo, el porcentaje de acame en maíz es del 5% aproximadamente (Pardey et al., 2016). El resultado obtenido de un porcentaje de acame menor al 2% en el presente estudio es positivo, ya que se encuentra considerablemente por debajo del promedio ya mencionado.

#### **4.5 Porcentaje de Acame de tallo**

En la Tabla 15, los resultados del análisis de varianza de la variable acamen de tallo, indican que no hay interacción entre días después de la siembra y tratamientos ( $F=0.50$ ;  $gl=22$ ;  $p=0.7757$ ). Sin embargo, hay diferencias significativas en tratamientos ( $p=0.0010$ ) y diferencias en días después de la siembra ( $p=0.0018$ ).

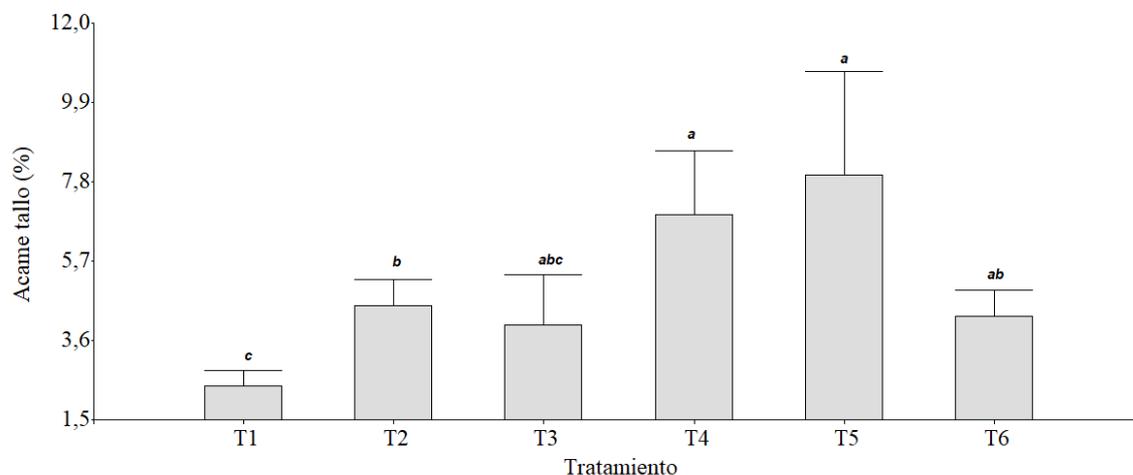
**Tabla 15.***Tabla de la adeva de la variable acame de tallo.*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>glfv</b>	<b>gl EE</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Días después de la siembra (Dds)	1	22	12.63	0.0018
Tratamientos	5	22	6.16	0.0010
<u>dds:Tratamientos</u>	5	22	0.50	0.7757

Los resultados de la variable porcentaje de acame en la Figura 15, se evidenció que el T1 tuvo el menor porcentaje de acame de tallo con un valor de 2.39%, que comparado con el T5 presenta 6% menos de acame, esto podría estar asociado a que en el T5 fue fertilizante químico en la siembra y fertibacter en drench a los 45 días después de la siembra, aspecto similar al T4 con dos aplicaciones de drench. Aunque los valores de acame de tallos son bajos, posiblemente la frecuencia de aplicación del producto si tiene un efecto en el desarrollo del cultivo.

**Figura 15.**

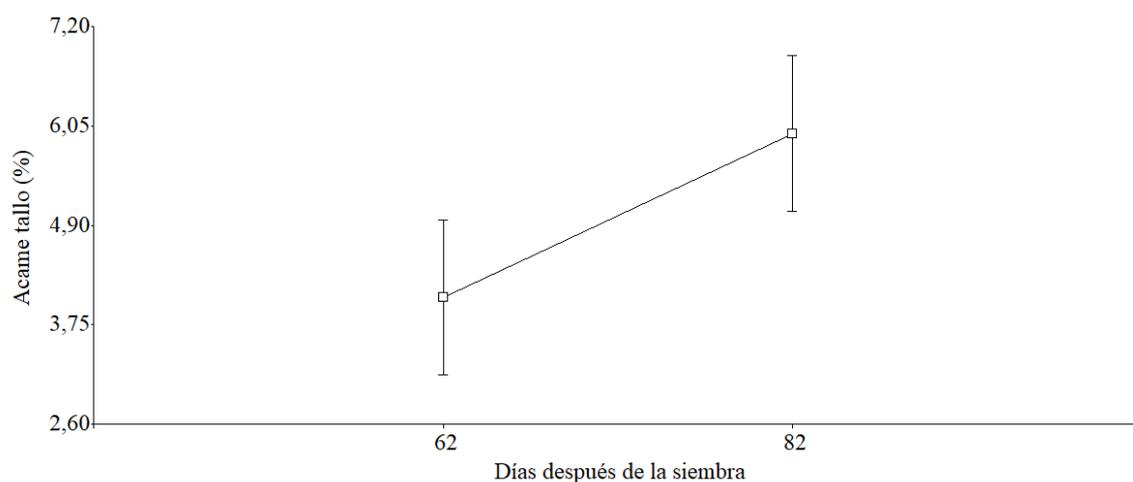
*Porcentaje de acame de tallo del cultivo de maíz en relación a los tratamientos.*



En la Figura 16 se observa que la variable acame de tallo presenta un porcentaje del 4% en el día 62 después de la siembra, lo cual puede atribuirse a las condiciones climáticas de ese periodo, específicamente a precipitaciones de 28 mm que pudieron debilitar los tallos de algunas plantas. Posteriormente, para el día 82, se registra un aumento en el porcentaje de acame de tallo, alcanzando el 6% de acame en todo el ensayo, lo que representa un incremento del 2%.

**Figura 16.**

*Porcentaje de acame de tallo en relación a los días después de la siembra*



En un estudio realizado por Bastidas et al. (2015), tuvo como resultados en la variable acame de tallo valores menores al 4%, donde la variedad DANAC-5023 presentaron valores bajos de altura, siendo la altura un factor en el porcentaje de acame. A diferencia del presente estudio,

que se utilizó una variedad nativa de porte alto, donde se registraron porcentajes de acame de 7.8% en el T5 (100FQ+45D).

De igual manera en el estudio realizado por Molina (2016), se observa que el material genético 6016 registró el porcentaje más alto de acame, con un 6.17%, mientras que el material INIAP H-551 destacó por su menor acame, con un 2.17%, en condiciones de época lluviosa. Esto coincide parcialmente con los resultados observados en la Figura 10, donde el acame de tallo aumenta al 6% en condiciones de precipitaciones de 28 mm, lo que las condiciones climáticas influyen significativamente en esta variable.

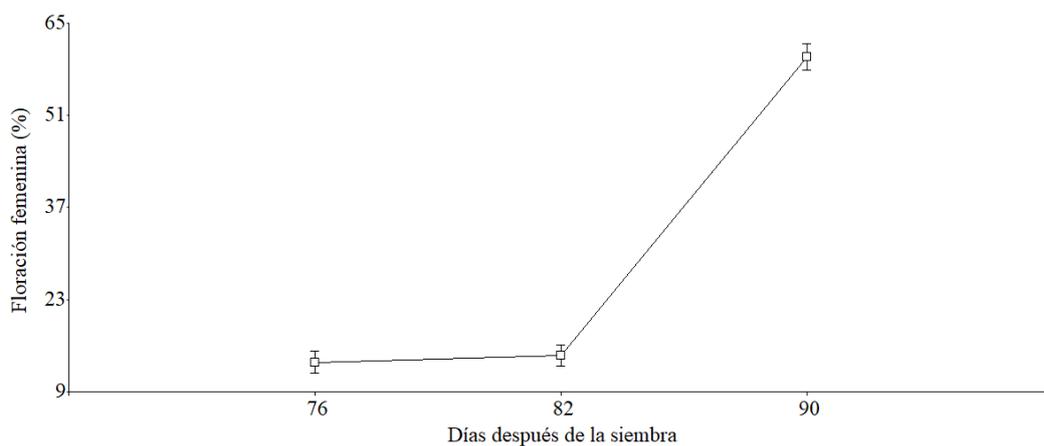
#### 4.6 Días a la floración femenina

De acuerdo al análisis de la varianza no hay interacción entre días después de la siembra y tratamientos ( $F=0.16$ ;  $gl=10, 34$ ;  $P=0.9979$ ). De igual manera para tratamientos no hay diferencias significativas ( $p=0.0503$ ). Mientras que para días después de la siembra de manera independiente si existe diferencias significativas ( $F=2091.06$ ;  $gl=2, 34$ ;  $P=0.0001$ ).

En la Figura 17 se puede apreciar que la mayoría de las plantas de maíz llega al 50% de floración femenina aproximadamente a los 90 días después de la siembra, alcanzando un porcentaje cercano al 60% en etapa reproductiva.

**Figura 17.**

*Porcentaje de floración femenina en relación a los días después de la siembra*



Los valores obtenidos en éste trabajo concuerdan con el estudio realizado por Lagos et al. (2015), donde menciona que los periodos a inicio de floración masculina y femenina oscilaron entre 81 y 94 días después de la siembra con variedades regionales, de la misma manera en el presente estudio la floración femenina inicio en el día 82 después de la siembra y alcanza el

50% de las plantas de maíz la floración en el día 90 después de la siembra, siendo considerado una floración tardía.

#### 4.7 Rendimiento del cultivo de maíz

En la Tabla 16, los resultados del análisis de varianza de la variable rendimiento, indican que no hay interacción entre tratamientos y categorías ( $F=1.40$ ;  $gl=10, 34$ ;  $p=0.2200$ ). Sin embargo, hay diferencias significativas en categorías ( $F=19.67$ ;  $gl=2, 34$ ;  $p=0.0001$ ) independientemente de los tratamientos.

**Tabla 16.**

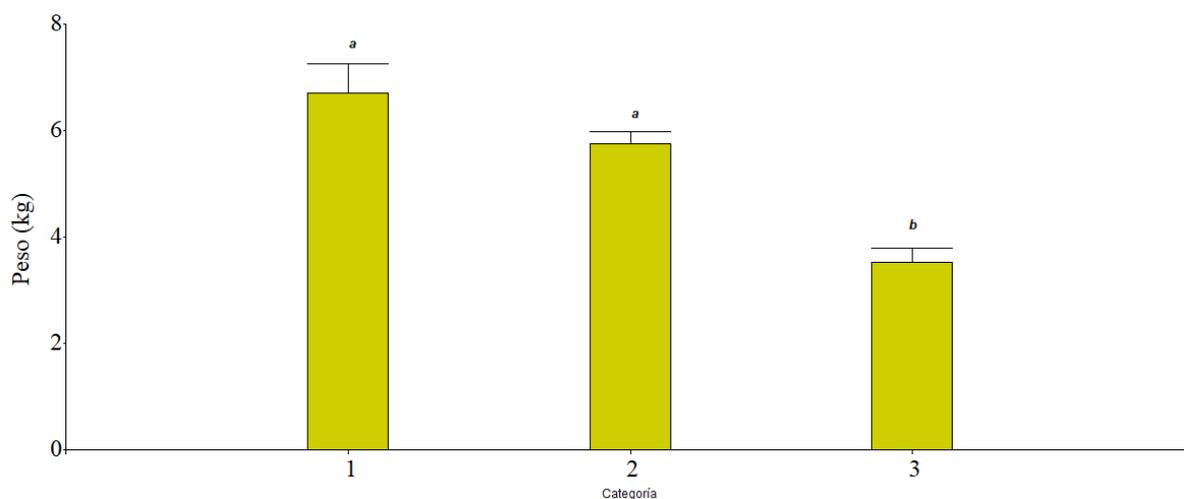
*Adeva del rendimiento del cultivo de maíz*

Fuentes de variación	glfv	gl EE	Valor F	Valor P
Tratamientos	5	34	0.47	0.7965
Categorías	2	34	19.67	<0.0001
Tratamientos: categorías	10	34	1.40	0.2200

En la Figura 18 se presenta los pesos de cada categoría del cultivo de maíz en el cual las categorías 1 y 2 tiene valores similares con 6.7 kg y 5.75 kg, a diferencia de la categoría 3 que tiene un valor bajo de 3.53kg.

**Figura 18.**

*Peso por categoría de la variable rendimiento del cultivo de maíz*



En la Tabla 17 se puede observar que los pesos de cada tratamiento no tienen diferencia significativa, al ser todos similares. El tratamiento con mayor peso es el tratamiento 1 con un peso promedio de  $13.01 \text{ t ha}^{-1}$ , seguido del tratamiento 2 con un valor de  $12.51 \text{ t ha}^{-1}$ , luego el

tratamiento 3 con 11.95 t ha<sup>-1</sup> y los tratamientos 4, 5 y 6 con los siguientes valores de 11.28 t ha<sup>-1</sup>, 11.17 t ha<sup>-1</sup> y 11.12 t ha<sup>-1</sup>

**Tabla 17.**

*Promedio del rendimiento del cultivo por tratamiento*

Tratamientos	(t ha <sup>-1</sup> )
T1	13.01 ± 1.18
T2	12.51 ± 1.21
T3	11.95 ± 0.42
T4	11.28 ± 0.55
T5	11.17 ± 0.79
T6	11.12 ± 1.07

En un estudio realizado por Sangoquiza et al. (2010), donde el rendimiento de maíz fresco obtenido con el uso de bioinoculantes T1 (*Azospirillum sp.*) con el valor de 16.72 t ha<sup>-1</sup>, T2 (*P. fluorescens*) con 17.05 t ha<sup>-1</sup> y T3 (*Azospirillum sp.* y *P. fluorescens*) con un valor de 19.70 t ha<sup>-1</sup>, no difirió estadísticamente del rendimiento obtenido con la fertilización química (T4) con el valor de 17.12 t ha<sup>-1</sup>. Al igual que en el presente estudio que no se registró diferencias significativas en los tratamientos, por lo que el uso de biofertilizantes a base de microorganismos, si alcanza a tener valores similares a la aplicación de insumos químicos.

#### 4.8 Rentabilidad económica

Para la variable rentabilidad económica, se consideraron los rendimientos de los tratamientos evaluados, proyectándolos en toneladas por hectárea. Tanto los ingresos como los egresos se expresaron en dólares por hectárea (USD/ha). Los ingresos se calcularon en función del número de mazorcas clasificadas por categoría, utilizando los precios de venta: \$12 por choclo de primera categoría, \$10 por choclo de segunda categoría y \$7 por choclo de tercera categoría.

Por otro lado, los egresos incluyeron costos de labores de preparación del suelo, siembra y fertilización, actividades culturales, así como gastos asociados a la cosecha y el transporte. Además, se tomaron en cuenta los costos fijos, que abarcan administración, uso del suelo, costo de oportunidad del capital e imprevistos.

**Tabla 18.**

*Indicadores económicos de los tratamientos de diferentes tipos de fertilización*

Descripción	T1	T2	T3	T4	T5	T6
-------------	----	----	----	----	----	----

<b>Total costos variables (USD)</b>	1617.49	2407.69	3067.69	3091.38	2431.38	1981.68
<b>Total costos fijos (USD)</b>	261.75	340.77	406.77	409.14	343.14	298.17
<b>Costos total (USD)</b>	1879.24	2748.46	3474.46	3500.51	2774.51	2279.84
<b>Ingreso bruto (USD)</b>	3995.6	3682.2	3937.8	3637.8	3704.4	3786.7
<b>Ingreso neto (USD)</b>	2116.3	933.8	463.3	137.3	929.9	1506.8
<b>Rentabilidad simple %</b>	112.6	34.0	13.3	3.9	33.5	66.1
<b>Beneficio/costo</b>	2.1	1.3	1.1	1.0	1.3	1.7

En la Tabla 18, se observa que, en el periodo de evaluación, el tratamiento T1 (FB+50FQ) obtuvo el mayor ingreso neto con \$2116.3, destacándose como la opción más rentable en términos absolutos. Además, presentó la mayor rentabilidad simple (112.6%) y la mejor relación beneficio/costo de 2.1, lo que indica que, por cada dólar invertido, se generaron \$2.1 de ganancia. Por otro lado, el tratamiento T4 (100FQ+45D+60D) resultó ser el menos rentable, con un ingreso neto de \$137.3 una relación beneficio/costo de 1, lo que lo convierte en la opción menos atractiva económicamente.

El tratamiento T6 (100FQ) también mostró buenos resultados, con un ingreso neto de \$1506.8 una rentabilidad de 66.1%, y una relación beneficio/costo de 1.7, situándose como la segunda mejor alternativa después de T1.

Al analizar los costos de producción, se observa que T3 y T4 tuvieron los costos más elevados, con \$3937.8 y \$3637.8, respectivamente Por el uso frecuente del biofertilizante. Esto afectó directamente su rentabilidad, ya que, a pesar de obtener ingresos brutos relativamente altos, la inversión requerida fue significativa, reduciendo sus márgenes de ganancia.

En el estudio de Palma (2014), tuvo como resultados que, el mayor beneficio neto lo reporto el tratamiento 2 fertilización química total + Fertibacter, en dosis de 43.48 kg ha<sup>-1</sup> de 18-46-00 y 113.4 kg ha<sup>-1</sup> de urea al 46% a los 45 dds, con rendimiento de 15.5 t ha<sup>-1</sup> y beneficio neto de \$ 1726.9 debido al menor costo de producción, durante la investigación, seguido del T1 (100% fertilización química) con beneficio neto de \$1579.4. Lo que es parecido con los resultados del estudio en el que el T1 es del uso de fertibacter en la inoculación de la semilla previa a la siembra, más el 50% de la fertilización química, con ingresos neto \$2698.2, seguido del T6 con la fertilización química.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Se determinó que en el porcentaje de germinación de semillas de maíz el T2 mostró la mayor tasa de germinación a los 7 días después de la siembra, con una diferencia del 20.61% más en comparación con el T6. En la altura del cultivo el uso de fertibacter no incide en este parámetro frente a la fertilización química. En cambio, en la variable diámetro del tallo, el T2 y el T5 presentaron los mayores diámetros 2.8 cm, a diferencia de los demás tratamientos que fueron inferiores de 2.5 cm, lo que la frecuencia de aplicación del Fertibacter podría influir en esta variable. En el porcentaje de acame de tallo el T1 presentó el menor porcentaje del 2.39% y el 6% de acame en todo el cultivo lo que las condiciones climáticas afecta en esta variable.

En rendimiento con solo la inoculación de la semilla con fertibacter presentó el mayor rendimiento con 13.01 t ha<sup>-1</sup>, seguido de T2 con 12.51 t ha<sup>-1</sup>. Estos valores son similares a los obtenidos con fertilización química en otros estudios, lo que demuestra que el uso del biofertilizante fertibacter es una alternativa para la disminución de insumos químicos.

En el análisis de la rentabilidad económica, el tratamiento T1 se destacó como la opción más rentable, y una relación beneficio/costo de 2.1. En contraste, el tratamiento T4 fue el menos rentable debido al aumento de aplicaciones del biofertilizante, y el T6 también mostró un buen desempeño, ubicándose como la segunda mejor alternativa.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda seguir experimentando con el producto biofertilizante fertibacter en otros cultivos, en especial en la inoculación de las semillas e intervalos de aplicación y la etapa de crecimiento de los cultivos a investigar.

Realizar una futura investigación analizando los impactos ambientales del uso de biofertilizante fertibacter en comparación con otros productos.

En futuras investigaciones detallar cómo afecta Fertibacter al rendimiento del maíz con respecto a la producción de grano, calidad del grano, contenido de nutrientes, tamaño, peso, biomasa, materia verde, materia seca para comprobar la efectividad del biofertilizante.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrocalidad. (2018). *Instructivo para análisis de suelos*.
- Alvarado, S., Valverde, F., Novoa, V., Cartagena, Y., & Parra, R. (2009). Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del callejón interandino. *Iniap, Boletín*(127), 1–57.
- Amaguaña, A. (2019). *Identificación de las principales plagas del cultivo del maíz suave (Zea mays L.) en la parroquia de Eugenio Espejo, Otavalo, Imbabura*.
- Andrade, W. (2023). *Uso de biofertilizantes microbianos en cultivos de importancia económica en América Latina: Revisión sistemática*.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. In Asamblea. Revista parlamentaria de la Asamblea de Madrid (Issue 6). <https://doi.org/10.59991/rvam/2008/m.6/484>
- Avila, J., Avila, J., Martinez, D., & Rivas, F. (2016). El cultivo del maíz generalidades y sistemas de producción en el noreste. *El Cultivo Del Maíz* /, 1–106.
- Ayala, D., & Oñate, J. (2007). *Evaluación y caracterización morfoagronómica de 117 líneas de maíz negro y 42 líneas de maíz dulce provenientes del CIMMYT ( México )*.
- Bastidas, Y., Chassaigne, A., Alezones, J., & Hernández, A. (2015). Comportamiento agronómico y fitopatológico de variedades de maíz (zea mays l.) en los estados yaracuy y guárico, Venezuela. *Bioagro*, 27(1), 17–26.
- Breccia, M., & Santiago, E. (2018). *Residuos de plaguicidas en alimentos*. <http://bbibliograficas.ucc.edu.co:2063/lib/ucooperativaspr/reader.action?docID=10592367%0A>
- CIMMYT. (2016). *Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT*. 1–23.
- Corteva. (2020). *Carbón Común en Maíz*. 2–3. [https://www.corteva.es/content/dam/dpagco/corteva/eu/es/es/files/otros-documentos/Carboon-Comun\\_en\\_maiz\\_corteva.pdf](https://www.corteva.es/content/dam/dpagco/corteva/eu/es/es/files/otros-documentos/Carboon-Comun_en_maiz_corteva.pdf)
- Ebel, R., Pozas Cárdenas, J. G., Soria Miranda, F., & Cruz González, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo.

- Revista Terra Latinoamericana*, 35(2), 149. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i2.166>
- Escalona, M. Á., Castillo Rocha, D. G., Ábato Zárate, M., Domínguez Gonzáles, N., Reyes López, N., & Alemán Chávez, I. (2017). Manual de abonos orgánicos. *Universidad Veracruzana*, 1–50.
- FAO. (2022). *Alternativas para el manejo sostenible de la fertilización de suelos y nutrición vegetal*. <https://www.fao.org/3/cc0964es/cc0964es.pdf>
- Galindo, P., Landeros, F., Esquivel, E., & Cervantes, J. (2023). Biofertilizantes: El futuro limpio y sustentable para potenciar el desarrollo de la agricultura. *Revista Frontera Biotecnológica*, 25(2448–8461), 2023–2026. <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol25/pdf/vol-25-4.pdf>
- García, C., & Herran, J. (2014). Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. In *Fundación produce Sinaloa, A.C.* (Vol. 1, Issue 1). <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Garcinuño, R. (2017). Contaminación de los alimentos durante los procesos de origen y almacenamiento. *Aldaba*, 36, 51–64. <https://doi.org/10.5944/aldaba.36.2012.20530>
- Guzmán, D. (2017). Etapas Fenológicas del Maíz (*Zea mays* L.) Var. Tusilla bajo las Condiciones Climáticas del Cantón Cumandá, Provincia de Chimborazo. In *Universidad Técnica de Ambato*. [http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25123/1/tesis\\_029\\_Ingeniería\\_Agropecuaria\\_-\\_Guzman\\_Dennys\\_-\\_cd\\_029.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25123/1/tesis_029_Ingeniería_Agropecuaria_-_Guzman_Dennys_-_cd_029.pdf)
- Hasang, E., García, S., Carrillo, M., Durango, D., & Cobos, F. (2021). Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1), 26–40. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100026>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (n.d.). *El Barrenador Diatraea spp.*
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (n.d.). *MAÍZ SUAVE*.
- Lagos, T., Torres, F., & Benavides, C. (2015). Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz amarillo *Zea mays* L. en la región andina del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(1), 12–23. <https://doi.org/10.22267/rcia.153201.21>

- Maridueñas, M. (2020). *Sistemas de producción del maíz (Zea mays), en el cantón Babahoyo*. 1–125. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9041>
- Martínez, L., Aguilar, C., Carcaño. Moisés, Galdámez, J., Gutierréz, A., Morales, J., Martínez, F., Martínez, J., & Gómez, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 26–37.
- MicroAgro. (2022). *Ficha técnica*.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). *Boletín situacional cultivo de maíz suave*.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2024). *Boletín situacional cultivo de maíz suave*. 6.
- Molina, C. (2016). *Evaluación del potencial forrajero de ocho genotipos de maíz (Zea mays L.) bajo dos densidades de siembra en la Estación Experimental tropical Pichilingue*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4759/1/20T00721.pdf>
- Mosquera, C. (2023). *Evaluación del efecto de dos formulaciones de biol en las plagas de importancia económica del cultivo de maíz (Zea mays L.) en la granja experimental La Pradera, Chaltura*.
- Nolasco, O. (2022). Efecto de las bacterias promotoras de crecimiento *Azospirillum* sp y *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de maíz. In *Escuela Agrícola Panamericana , Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7147>
- Obando, E. (2019). Caracterización Morfológica de Maíz Blanco Harinoso (*Zea mays* L.) material nativo “Chazo” de la provincia de Chimborazo. *Universidad Técnica De Ambato*, 74.
- Oñate, L. A. (2016). Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz *Zea mays* var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del Cantón Cevallos. In *Universidad Técnica de Ambato*. [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116 Ingenier□a Agron□mica -CD 371.pdf](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20CD%20371.pdf)file:///C:/Users/jorda/Downloads/tesis\_029 Ingenier□a Agropecuaria - Guzman Dennys - cd 029.pdf
- Ortigoza, J., López, C. A., & Gonzalez, J. D. (2019). Guía técnica del cultivo de maíz. In *Guía Técnica, El Cultivo Del Maíz* (Vol. 1). <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Palma, E. (2014). *Efecto del biofertilizante Fertibacter-Maíz en complementación con la fertilización química y orgánica en el cultivo de maíz (Zea mayz L) en el cantón Espejo*,

*Provincia del Carchi.*

- Pardey, C., García, M., & Moreno, N. (2016). Caracterización de maíz procedente del departamento del Magdalena, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(2), 167–190. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol17\\_num2\\_art:487](https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num2_art:487)
- Peñaherrera, D. (2011). Manejo integrado del cultivo de maíz de altura. *INIAP (Estación Experimental Santa Catalina)*, 4, 55. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3302/1/iniapscpm190.pdf>
- Pincay, A., Zambrano, J., Subía, C., & Park, C. (2023). *Guía para la aplicación de un biofertilizante en el cultivo de maíz de la Sierra ecuatoriana 2023*.
- Pule, B. (2020). *Fluctuación de precios del maíz suave en las provincias de imbabura y carchi comercializado en el mercado mayorista 2014-2017*.
- Rivero Herrada, M., Quimi Villanueva, D. J., Marín Cuevas, C. V., & Vélez Ruíz, M. C. (2024). Efecto de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en el desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia y Tecnología*, 17(1), 10–15. <https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.721>
- Rojas Badía, M. M., Bello González, M. A., Ríos Rocafull, Y., Lugo Moya, D., & Rodríguez Sánchez, J. (2020). Utilización de cepas de *Bacillus* como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. *Acta Agronómica*, 69(1), 54–60. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.79606>
- Romero, J. (2023). *Efecto de biofertilizantes como complemento de la nutrición en la productividad del cultivo de maíz (Zea mays L.) Los Lojas, Guayas*.
- Saavedra, G. (2014). Clasificación Botánica: Germinación y desarrollo. *El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce*, 303, 13–20.
- Sangoquiza, C., Yáñez, C., & Gómez, E. (2017). *Evaluación de un biofertilizante a base de cepas fijadoras de nitrógeno (Azospirillum) y solubilizadoras de fósforo (Pseudomonas) en el cultivo de maíz de la sierra del Ecuador*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Sangoquiza, C., Zambrano, J., Borques, M., & Cho, K. J. (2024). Respuesta del maíz harinoso (*Zea mays* L. Var *Amylacea*) a la inoculación de *Azospirillum* y *pseudomonas*. *Carlos Sangoquiza, José Zambrano, Misterbino Borgues Kang J. Cho*, 0(0).

<http://dx.doi.org/10.1080/1540496X.2018.1460270>

- Sangoquiza, C., Zambrano, J., Yáñez, C., Nieto, M., Asaquibay, C., Pujota, V., Naranjo, E., & Park, C. (2022). *Impacto de bacterias promotoras de crecimiento sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L) en la Sierra del Ecuador*. 14–237. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5886%0Awww.gob.pe/inia>
- Saucedo, S., Arguello, L., Vilema, S., & Martínez, M. (2024). Uso de fertilizantes químicos en el fomento productivo agrícola del Ecuador. *Killkana Técnica*, 8(1), 27–38. <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1531>
- Solis, K., Quirroz, F., Vernaza, L., & Carrera, F. (2017). Biofertilizantes una alternativa ecológica para la agricultura frente al cambio climático en el Ecuador. *Dominio de Las Ciencias*, 3, 75–88. [10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.4.oct.75-88](https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.4.oct.75-88)
- Tobar, C. (2021). Efecto de la aplicación de herbicidas en la población de bacterias presentes en un biofertilizante aplicado al maíz de altura, Cutuglagua, Pichincha. In *Universidad Técnica del Norte*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11046>
- Valencia, I. R. (2014). Efecto de la aplicación de cuatro dosis del biofertilizante fertibacter en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos. In *Universidad Técnica de Babahoyo*.
- Velásquez, A., Ramírez, L., Molina, J., & Zúñiga, L. (2023). *Análisis de la cadena agroalimentaria del maíz en Ecuador*. 8(1), 1862–1873. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i1>
- Villarreal, M., Villa, E., Cira, L., & Estrada, M. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1), 95–130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>
- Wallace, H. A. (2015). *Maíz Crecimiento y desarrollo*. (Vol. 36, Issue 159).
- Yáñez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). *Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras*. 96, 24–32. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2435>
- Yáñez G., C., Clavijo, F., & Cool Zambrano, C. A. (2015). *Biofertilizante Fertibacter - maíz*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Zambrano, J., José Velásquez, Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E.,

Garcés, S., Calle, R. O., R, J. L., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín, G., Pintado, P., Yáñez, C., & Racines, M. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*.

Zambrano, J., Sangoquiza, C., Yáñez, C., & Cho, J. (2020). Uso del biofertilizante FertiBacter para Maíz. *Quito, EC: INIAP-EESC, 2020, 500 mL, 2.*  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5685>

# V1. ANEXOS

## Anexo 1.

### Resultados del análisis de suelo del área de investigación

MC-LASPA-2201-01

	<b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b> <b>ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS</b> Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tifs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 23-0544

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Embajada de la República de Corea  
**PETICIONARIO:** Embajada de la República de Corea  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** Embajada de la República de Corea  
**DIRECCIÓN:** Av. Amazonas y Unión de Periodistas

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 27/10/2023  
**HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 11:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 30/10/2023  
**FECHA DE EMISIÓN:** 08/11/2023  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** S4

Análisis	pH		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO.*	Textura (%)*				IDENTIFICACIÓN			
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural													
23-2526	6,81	PN	29,08	B	51,29	A	10,20	B	0,65	B	1,12	A	10,48	A	3,40	A	4,8	M	7,2	A	45	A	14,5	M	3,08	3,05	12,45	15,00	1,93	M				39	43	18	FRANCO	Muestra Tesis Maíz Canguil
23-2527	7,18	PN	38,09	M	15,46	M	16,26	M	0,85	B	0,24	M	14,32	A	5,10	A	1,7	B	8,0	A	45	A	12,2	M	2,81	21,48	81,79	19,66	2,05	A				43	39	18	FRANCO	Muestra Acolchado Plastico

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g		%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		

**OBSERVACIONES:**

\* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Oisen Modificado
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Oisen Modificado
	B = Curcumina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Al+H =	Titulación NaOH



firmado electrónicamente por:  
**JOSE ALONSO LUCERO MALATAY**

INTERPRETACION		
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino
T = Tóxico		M. = Medio
		A = Alto



firmado electrónicamente por:  
**IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA**

**LABORATORISTA**

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

\* Opiniones de interpretación, etc, que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

## Anexo 2.

*Proyección de los costos de producción para una hectárea de choclo en diferentes tratamientos*

Concepto	Material, insumo, producto	Unidad	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>1. Preparación de terreno</b>								
Análisis de suelo	laboratorio		30	30	30	30	30	30
Arado	Tractor	hora	20	20	20	20	20	20
Rastrado	Tractor	hora	60	60	60	60	60	60
Surcado	tractor	hora	80	80	80	80	80	80
<b>2. Siembra y fertilización</b>								
Semilla	Natabuela	kg	168.07	168.07	168.07	168.07	168.07	168.07
Insecticida de semilla	Cruiser	60ml	0	0	0	23.49	23.49	23.49
Fertilización química	10-30-10	saco	70.2	70.2	70.2	140.4	140.4	210.6
Biofertilizante	fertibacter	litro	70	70	70	0	0	0
	mano de obra	Jornal	120	120	120	120	120	120
<b>Manejo del cultivo</b>								
Rascadillo	mano de obra	Jornal	90	90	90	90	90	90
Aporque	mano de obra	Jornal	150	150	150	150	150	150
Riego	mano de obra	jornal	90	90	90	90	90	90
Herbicida	Dublon Gold	gramos	13.52	13.52	13.52	13.52	13.52	13.52
Fertilización química complementaria	Urea	saco	0	160.2	160.2	160.2	160.2	240.3
Drench de biofertilizante	Fertibacter	litro	0	630	1260	1260	630	0
Control gusano cogollero	Clorpilaq 48	litro	11	11	11	11	11	11
	Solaris	100ml	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8

Control mosca de la mazorca	Cyperpac	litro	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	mano de obra	jornal	120	120	150	150	120	150
<b>Cosecha, postcosecha y venta</b>								
Cosecha	mano de obra	jornal	120	120	120	120	120	120
Envasado	mano de obra	Jornal	120	120	120	120	120	120
	sacos		100	100	100	100	100	100
	hilo plastico	2	6	6	6	6	6	6
Transporte	flete		150	150	150	150	150	150
<b>Total costos variables (USD)</b>			1617.49	2407.69	3067.69	3091.38	2431.38	1981.68
	Administración (% TCV)	2%	32.35	48.15	61.35	61.83	48.63	39.63
	Uso de suelo		100	100	100	100	100	100
	Costo de oportunidad del capital	6%	97.05	144.46	184.06	185.48	145.88	118.90
	Imprevistos	2%	32.35	48.15	61.35	61.83	48.63	39.63
	<b>Total costos fijos (USD)</b>		<b>261.75</b>	340.77	406.77	409.14	343.14	298.17
	<b>Costos totales (USD)</b>		<b>1879.24</b>	2748.46	3474.46	3500.51	2774.51	2279.84
	Rendimiento (Tn ha <sup>-1</sup> )		13.01	12.51	11.95	11.28	11.17	11.12
	Rendimiento ajustado 10% (Tn ha <sup>-1</sup> )		11.709	11.259	10.755	10.152	10.053	10.008
	Choclo de primera categoría (Mazorca/ha)		14444	14667	12000	8667	13111	11333
	Choclo de segunda categoría (Mazorca/ha)		12667	12222	15333	17111	12444	14000
	Choclo de tercera categoría (Mazorca/ha)		14222	10000	13778	12667	12667	14667
	Sacos de choclo de primera		144	147	120	87	131	113
	Sacos de choclo de segunda		127	122	153	171	124	140
	Sacos de choclo de tercera		142	100	138	127	127	147
	Ingresos por choclos de primera categoría (USD)		1733.3	1760.0	1440.0	1040.0	1573.3	1360.0

Ingresos por choclos de segunda categoría (USD)	1266.7	1222.2	1533.3	1711.1	1244.4	1400.0
Ingresos por choclos de tercera categoría (USD)	995.6	700.0	964.4	886.7	886.7	1026.7
<b>Ingreso bruto (USD)</b>	3995.6	3682.2	3937.8	3637.8	3704.4	3786.7
<b>Ingreso neto (USD)</b>	2116.3	933.8	463.3	137.3	929.9	1506.8
<b>Rentabilidad simple %</b>	112.6	34.0	13.3	3.9	33.5	66.1
<b>Beneficio/costo</b>	2.1	1.3	1.1	1.0	1.3	1.7

---