

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con azotobacter y el uso de fertilizante nitrogenado en la comunidad de Cuicocha Pana en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura.”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR(A): Kevin Ariel Flores Flores

TUTOR(A): MSC. Julio Jairo Peña Chamorro

Tulcán, 2023.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante(s) Flores Flores Kevin Ariel con el número de cédula 100405429 - 0 respectivamente ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Respuesta del maíz (Zea mays) a la inoculación con azotobacter y el uso de fertilizante nitrogenado en la comunidad de Cuicocha Pana en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura."

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



Firmado electrónicamente por:
**JULIO JAIRO PEÑA
CHAMORRO**

MSc. Jairo Julio Peña Chamorro

TUTOR

Tulcán, abril de 2023

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo , kevin Ariel Flores Flores con cédula de identidad número 100405429 - 0 respectivamente declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Kevin Ariel Flores Flores

AUTOR

Tulcán, abril de 2023

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Kevin Ariel Flores Flores declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con azotobacter y el uso de fertilizante nitrogenado en la comunidad de Cuicocha Pana en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura." eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Kevin Ariel Flores Flores

AUTOR

Tulcán, abril de 2023

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por darme todo su apoyo y amor por sobre todas las cosas.

A mi padre Adrián por darme su confianza y compartir nuevos e inolvidables momentos en mi vida.

A mi madre Adrianita por siempre estar apoyándome y brindándome su cariño incondicional.

A mi hermano David por enseñarme diferentes maneras de ver y disfrutar la vida.

A mi hermana Karla por contagiarme su alegría brindándome su amistad sincera. A Emerson por ser un excelente amigo.

A mis profesore quienes me han enseñado a ser mejor en la vida y a realizarme profesionalmente.

A todas las personas que se sumaron a mi vida y dejaron un granito de su vida en mi existencia.

DEDICATORIA

La presente tesis de la dedico a mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome desde el cariño y amor siempre. A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanza, paciencia y amor. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. A mi sobrino gracias por existir y estar presente con su dulzura. A mis amigos que de una u otra manera ayudarme y darme ánimos en cada paso.

ÌNDICE

ÌNDICE GENERAL	VII
INDICE DE TABLAS	IX
INDICE DE FIGURAS.....	X
INTRODUCCIÓN	14
I. PROBLEMA.....	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.3 JUSTIFICACIÓN	20
1.4 OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	21
1.4.1. Objetivo General.....	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	21
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.2 MARCO TEÓRICO.....	24
2.2.1. Origen del maíz.....	24
2.2.2. Importancia del maíz.....	26
2.2.3. Variables morfológicas	28
2.2.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	29
2.2.5. Nutrición y fertilización.....	31
2.2.6. Plagas y enfermedades.....	35
2.2.7. Azotobacter	37
2.2.8. Fijación	40
3. METODOLÓGIA.....	44
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....	44
3.1.1. Enfoque.....	44
3.1.2. Tipo de Investigación.....	44

3.2	HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER	44
3.3	METODOS UTILIZADOS.....	48
3.2.1.	Localización del experimento	48
3.2.2.	Superficie del Área	48
3.2.3.	Descripción y caracterización del experimento	48
3.2.4.	Distribución de tratamiento.....	49
3.2.5.	Población y muestra.....	49
3.2.5.1.	Tratamientos.....	50
3.2.6.	Variables de respuesta.....	51
3.2.6.1.	Procedimiento	51
3.2.7.	Análisis estadístico.....	52
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1.	RESULTADOS.....	54
4.2.	DISCUSIÓN	57
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1.	CONCLUSIONES	59
5.2.	RECOMENDACIONES	60
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
	ANEXOS	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del maíz	25
Tabla 2 Requerimientos nutricionales de Maíz	33
Tabla 3 Enfermedades del maíz.....	36
Tabla 4: Definición de variables.....	46
Tabla 5: Tratamientos	50
Tabla 7: análisis de varianza.....	54
Tabla 8: prueba de Tukey para la variable de tamaño de tallo	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Síntomas de deficiencias de nutrición en el maíz.....	35
Figura 2 Fijación biológica de nitrógeno	40
Figura 3. Caracterización del experimento	49
Figura 4: distribución de los tratamientos.....	49
Figura 5: diseño de la parcela neta y la unidad experimental	50

RESUMEN

En Ecuador el cultivo de maíz ha sido considerado uno de los productos más importantes para la producción nacional, siendo usado no únicamente para consumo humano sino también para material industrial e incluso como forraje para animales; este producto al ser el centro de consumo masivo dentro del país se ha visto en la necesidad de aplicar fertilizante

nitrogenado dentro de las tierras de cultivo para su producción siendo esta la causante de una alta contaminación ambiental así como la pérdida de productividad del suelo, es por esta razón que el presente análisis esta enrolado en el estudio de la aplicación de un producto orgánico llamado azotobacter, la cual permitirá hacer que la tierra y el ambiente no sean contaminados, de esta manera la pesquisa se enfasca en evaluar el mejor tratamiento de fertilizante en el cultivo de maíz siendo ésta el objetivo general de la presente investigación, para poder relacionar y dar forma a este objetivo el investigador tuvo que recurrir a diferentes fuentes bibliográficas para dar a conocer a los lectores la diferencia entre un fertilizante orgánico de un fertilizante nitrogenado y así explicar a detalle cómo se puede mejorar en la producción de este cereal; para fortalecer la fundamentación teórica el investigador utilizo como enfoque metodológico la investigación cualitativa siendo como objeto de estudio tres tipos de plantaciones nombradas cada una como testigo absoluto, Urea y azotobacter, dentro de la cual se utilizó un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro replicas y adhiriéndose a esta se acoplo como tipos de investigación la experimental y aplicada concluyendo así que la aplicación de azotobacter en el suelo de los cultivos de maíz apoya en el desarrollo de este cereal así como en el suelo, en la producción y en el rendimiento económico de los agricultores.

Palabras claves: Azotobacter, maíz, fertilizante.

ABSTRACT

In Ecuador, the cultivation of corn has been considered one of the most important products for national production, being used not only for human consumption but also for industrial material and even as fodder for animals; This product, being the center of mass consumption within the country, has seen the need to apply nitrogenous fertilizer within the farmland for its production, this being the cause of high environmental pollution as well as the loss of soil productivity, it is for this reason that the present analysis is enrolled in the study of the application of an organic product called azotobacter, which will allow the land and the environment not to be contaminated, in this way the research is focused on evaluating the best fertilizer treatment in the cultivation of corn, this being the general objective of the present investigation, in order to be able to relate and shape this objective, the researcher had to resort to different bibliographic sources to make the readers aware of the difference between an organic fertilizer and a nitrogenous fertilizer. and thus explain in detail how the production of this cereal can be improved; To strengthen the theoretical foundation, the researcher used qualitative research as a methodological approach, being the object of study three types of plantations named each one as an absolute control, Urea and Azotobacter, within which a random block design with six treatments and four replicates and adhering to this, the experimental and applied types of research were coupled, thus concluding that the application of azotobacter in the soil of corn crops supports the development of this cereal as well as in the soil, in production and in the economic performance of farmers.

Keywords: corn, azotobacter, urea, absolute control, yield.

DEDICATORIA

La presente tesis de la dedico a mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome desde el cariño y amor siempre. A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanza, paciencia y amor. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. A mi sobrino gracias por existir y estar presente con su dulzura. A mis amigos que de una u otra manera ayudarme y darme ánimos en cada paso.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por darme todo su apoyo y amor por sobre todas las cosas.

A mi padre Adrián por darme su confianza y compartir nuevos e inolvidables momentos en mi vida.

A mi madre Adrianita por siempre estar apoyándome y brindándome su cariño incondicional.

A mi hermano David por enseñarme diferentes maneras de ver y disfrutar la vida.

A mi hermana Karla por contagiarme su alegría brindándome su amistad sincera.

A Emerson por ser un excelente amigo.

A mis profesore quienes me han enseñado a ser mejor en la vida y a realizarme profesionalmente.

A todas las personas que se sumaron a mi vida y dejaron un granito de su vida en mi existencia.

INTRODUCCIÓN

El *Zea mays*, nombre científico, más conocido como maíz, es uno de los granos más consumidos y demandados en el mundo debido a su gran valor nutricional y versatilidad para el procesamiento de diferentes platos alimenticios sumado al bajo precio que representa en relación a otras proteínas de origen animal. Es usado como materia prima para la industria alimentaria, para la elaboración de aceites, edulcorantes, almidón hasta la fermentación del etanol y alcohol industrial, entre otros (Hoyos y Ocampo, 2018)

De acuerdo al Sistema de Información de Mercados; Red de Políticas Agropecuarias (REDPA) y el Consejo Agropecuario del Sur (CAS) (2014), el maíz, es el grano más producido y consumido por las personas en el mundo, empleado en diferentes tipos de dietas, presentaciones y derivados, este cereal representa el 39.02% del total de la producción de granos a nivel mundial, es decir, 911,4 millones de toneladas.

Los principales países productores de *Zea mays*, es Estados Unidos, seguido de China, Brasil, Argentina, Ucrania, Indonesia, India y México, Ecuador a nivel mundial es uno de los países con menor representación en la producción y exportación de este tipo de grano (The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), United Nations Statistical Office, 2020).

Aunque la producción de maíz del Ecuador a nivel mundial no tiene mucha representación, a nivel nacional El maíz es uno de los principales cultivos temporales, debido a su importancia en la dieta de muchas personas y su relación con las costumbres locales. Representa una buena opción de producción por su versatilidad para usos industriales, especialmente en la industria alimentaria y de elaboración de balanceados (Albán, Caviedes, y Zambrano, 2021).

Durante el año 2020, se registraron 36 empresas formales dedicadas al cultivo de maíz en el Ecuador, la mayoría de ellas se ubicaban en la provincia de Guayas, seguida de Los Ríos, Manabí y Pichincha. La superficie cosechada ascendió a 355,913 hectáreas, generando una producción de 1,358,626 toneladas métricas. De estas, Los Ríos fue la provincia que presentó el mayor porcentaje

de producción nacional con el 47%, seguido de Manabí con el 21% y Guayas con el 18% (Corporación Financiera Nacional, 2021).

En la comunidad de Cuicocha, los agricultores emplean un modo de cultivo del maíz basado en métodos tradicionales como es el empleo de fertilizantes químicos, pero no ha tenido significancia en el desarrollo de la planta en relación a su costo y propiedades que se expresan en la etiqueta.

El uso excesivo de fertilizantes químicos por parte de los agricultores incurre en la contaminación del suelo, del fruto, repercute también a la salud humana, además de gastar excesivamente en la adquisición de productos que muchas veces no contribuyen a mejorar el rendimiento de la cosecha (Shireen, et.al 2020). Es por ello la presente investigación tiene por objetivo general evaluar la respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con azotobacter y el uso de fertilizante nitrogenado en la comunidad de Cuicocha Pana en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura.

En base a lo expuesto es necesario determinar la respuesta del maíz (*Zea mayz*) a la inoculación con azotobacter y el uso de fertilizante nitrogenado en la comunidad de Cuicocha Pana en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura.

I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El maíz es un cereal que se ha convertido en un producto básico de la alimentación, por ello diferentes países a nivel global lo cultivan, aunque se enfrentan a diversas problemáticas de cultivo, por ejemplo Honduras, Ecuador, Etiopía, Guatemala, Perú y China padecen por las precipitaciones, exposición a plagas, enfermedades, animales, específicamente en Ecuador y países de la región Andina al escaso acceso a insumos, exposición a vientos y congelaciones (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019).

Así también existen diferentes causas por las cuales se deja sin cosechar el maíz en el campo, entre las principales destaca la FAO (2019), las deficientes técnicas de cosecha sobre todo en Honduras y Guatemala. En Ecuador se determina que uno de los factores que inciden en la pérdida de la cosecha y por la cual deciden los agricultores dejar en el suelo el cultivo es el costo elevado de la mano de obra, precio de mercado bajo y producto pequeño y de baja calidad.

Para solventar los problemas antes mencionados, los agricultores optan por utilizar fertilizantes de síntesis química, preferentemente nitrogenados, cuya aplicación en exceso causa la pérdida de productividad del suelo, degradación y contaminación ambiental (Aguirre, et al., 2009). El suelo está expuesto a diferentes eventualidades como la siembra de diferentes plantas, entre ellas el maíz, puede perderse de forma temporal o permanente. Además, las pérdidas pueden estar incididas por factores edáficos y climáticos; así como la desnitrificación (Larios, et al., 2020).

El cultivo de maíz requiere el empleo de fertilizante para lograr una producción más rentable, pero a su vez el uso de químicos trae consigo una erogación de dinero representativa en el cultivo y sus efectos secundarios recaen en la degradación del suelo, debilitando los nutrientes de la tierra para próximas cosechas lo que ocasiona una pérdida en el largo plazo. Así también se ha demostrado en estudios anteriores llevados a cabo por que el tratamiento de los cultivos sin fertilización química tiene un rendimiento sumamente bajo en relación a una producción con el empleo de fertilizante. El gasto de fertilización por hectárea representa alrededor del 38% del total de la inversión, asciende a \$ 1283,58, proyectando un rendimiento por cada dólar de inversión de 0.09 centavos (Vera y Cepeda, 2020).

El uso excesivo de agroquímicos produce una alteración en el entorno natural. Esta contaminación causa daños tanto al medioambiente como al ser humano, como resultado de la fumigación de los cultivos para obtener buenos resultados de producción. Las consecuencias que se presentan son el aumento de la infertilidad del suelo, la resistencia de las plantas a los fertilizantes y enfermedades cada vez más difíciles de controlar. Esta situación también afecta a la salud humana con enfermedades respiratorias e intoxicaciones.

La agricultura convencional se apoya en la utilización de fertilizantes minerales solubles con la finalidad de aumentar la productividad de los cultivos. Sin embargo, un exceso de aplicación de estos productos ha provocado la eutrofización, contaminación de las aguas subterráneas, contaminación atmosférica, destrucción del suelo y los ecosistemas, alteración de los equilibrios biológicos y disminución de la biodiversidad (Wang, et al., 2018).

En Imbabura, el maíz es uno de los cultivos más prominentes ya que los agricultores lo emplean en su mayoría. Esto se debe a los muchos usos que presenta, incluyendo el consumo doméstico, la alimentación humana y animal, así como para producir materiales de bajo costo para muchos productos, y para aplicaciones industriales como el jarabe de maíz con alto contenido de fructosa. Esta sustancia ha reemplazado en muchas ocasiones al azúcar como edulcorante en bebidas carbonatadas; es por esta razón que hoy en día es necesaria la adecuación de una plantación apta

no solo para el cultivo de maíz sino para mantener el suelo en un estado adecuado que no sea vea afectado con el tiempo.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El uso excesivo e irracional de fertilizantes de síntesis química en el cultivo de maíz en la Comunidad de Cuicocha Pana en la parroquia de Quiroga, Cotacachi degrada los suelos y repercute en la economía de los agricultores.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la provincia de Imbabura es normal ver en los sectores rurales extensas áreas llenas de plantas de maíz, que es usada tanto como alimento para los animales, siendo muy nutritivo por sus azúcares, mientras que grano, es importante en la alimentación humana y animal por la variedad de productos con valor agregado que se producen a partir del mismo; al ver su versatilidad.

Es menester especificar que el nitrógeno es necesario para el crecimiento del maíz, pero debido a que el grano no produce el suyo, tiene que tomar nitrógeno del suelo para mejorar la calidad de la producción, los agricultores involucrados en prácticas agrícolas industriales a gran escala agregan artificialmente nitrógeno al suelo, por esto, los campos de maíz reciben casi la mitad de la cantidad total de fertilizantes nitrogenados utilizados en el país, es por esto que se considera como un método de aplicación hoy conocido como bacteria fijadora de nitrógeno de nombre Azotobacter.

Los microorganismos del género Azotobacter forman parte de una categoría específica de microorganismos que son capaces de fijar nitrógeno. Estos se multiplican de forma veloz y ofrecen numerosos beneficios, como el control del desarrollo de las plantas, la producción de hormonas vegetales y la mejora de la solubilidad de la materia orgánica añadida al suelo como fertilizante (Mishustin y Shilnikova, 1985).

Es destacable hablar acerca del azotobacter, considerado como una bacteria excepcional para el crecimiento y alimentación de muchas cosechas ecológicas y orgánicas. Entre sus atributos, estas bacterias son capaces de fijar nitrógeno, y se ha estudiado que fueron las primeras en ser generadas comercialmente con el objetivo de la biofertilización.

Inocular con azotobacter se ha mostrado como una táctica eficaz para mejorar los rendimientos de determinadas cosechas, en particular los cereales (González y Lliuch, 1992.).

La inoculación con *Azotobacter* ha demostrado aumentar la productividad y el rendimiento de diferentes cultivos, y sectores de la industria han comprobado que esta contribuye a la interacción entre suelo, microorganismos y plantas.

Estas bacterias presentan la ventaja de poder ser usadas para cualquier cultivo, tanto antes como durante el proceso de siembra, germinación y trasplantes (Rodríguez, 2001.).

Las bacterias fijadoras de nitrógeno del suelo permiten aumentar la cantidad de nitrógeno presente en el área a cultivar, lo que a su vez estimula el desarrollo de la raíz; además, también favorecen el transporte de este compuesto. Los *Azotobacter*, además de ser fijadores de nitrógeno, tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas al sintetizar y secretar determinadas sustancias. Para evitar el uso excesivo del azotobacter en el maíz, una buena opción es la inoculación de semillas con bacterias promotoras de crecimiento vegetal, como el *Azotobacter* sp.

1.4 OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con azotobacter y el uso de fertilizante nitrogenado en la comunidad de Cuicocha Pana en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la inoculación de *Azotobacter* sobre el desarrollo del cultivo de maíz.
- Determinar la mejor dosis de *Azotobacter* sobre el desarrollo del cultivo de maíz
- Identificar el tratamiento económicamente rentable

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Qué efecto causa la utilización de azotobacter y el fertilizante nitrogenado en el desarrollo del cultivo del maíz?
- ¿Cuál es la mejor dosis de Azotobacter sobre el desarrollo del cultivo de maíz?
- ¿Cuál es el tratamiento económicamente rentable para la producción de maíz?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta un análisis de investigaciones anteriores referentes al aporte del azotobacter en los cultivos de maíz, demostrando que el remplazo de fertilizantes comerciales químicos por uno de origen biológico que contiene bacterias amigables con el ecosistema, promueve un desarrollo de la planta y mejoramiento del fruto.

En un estudio realizado por Huete, Torres y Dominguez (2019), se planteó como objetivo general “evaluar la respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con Azotobacter”, partió de un enfoque experimental en base a cuatro tratamientos y cuatro réplicas, se llegó a determinar que existe un aporte significativo de la dosis de azotobacter al cultivo del maíz, mejorando el desarrollo de la

planta, grozor, follaje, y sobre todo el fruto, generando mejores condiciones económicas para los agricultores al obtener un mejor precio y volumen de producción.

En Colombia Leal, et al, (2017), específicamente en la hacienda el Marengo-Mosqueraen, se llevó a cabo una experimentación que se denominó “los biofertilizantes y su uso en cultivos: El maíz (*Zea mays*) como caso de estudio”, el enfoque de investigación fue cuantitativo, de tipo experimental, se demostró que el azotobacter contiene bacterias fijadoras de nitrógeno que aporta de forma positiva a los cultivos, en especial al maíz para que las raíces asimilen los nutrientes del suelo, mejorando el crecimiento del tallo, hojas, flores y fruto. Para ello se debe tener un control minucioso en el control de plagas y enfermedades, además de poner atención a las necesidades de riego y remoción de la tierra.

Así mismo en Colombia Obando, Rivera, Bonilla (2013), se enfocaron en demostrar el aporte del azotobacter en el cultivo de maíz bajo sistema de invernadero. Se realizaron experimentos comparativos entre dos tipos de cultivo. El primero implicó el uso de azotobacter y el otro, la aplicación de un fertilizante de origen químico. Se midió el desarrollo de los cultivos en los periodos de 15, 30 y 45 días tras la siembra de maíz. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que demuestra que el crecimiento de las plantas no solo depende de la cantidad de bacterias, sino también de su capacidad para reproducirse a través de la raíz y su eficacia en los procesos de estimulación. El azotobacter aplicado contribuye a mejorar la fertilización de la planta y con esto beneficia al agricultor, recomendado su aplicación en cultivos similares.

La fertilización con flocculantes naturales es una alternativa para reemplazar los fertilizantes químicos incurriendo en una agricultura ecológica, que permite mantener los suelos y precautelar la salud de los consumidores de alimentos de producción agraria. En un experimento realizado Hernández y Pacual (2005), evidencia que “la inoculación del suelo con azotobacter a dosis de 15 L/ha durante un cultivo de césped junto con una fertilización baja de nitrógeno, incrementa los rendimientos obtenidos con relación a los tratamientos no inoculados” (p.187). La inoculación con este tipo de bacterias encargadas de fijar el nitrógeno, demuestran que existen buenos resultados en el cultivo y un aporte significativo al ambiente.

En base a los antecedentes citados, se puede decir que son de gran importancia los microorganismos que se agrega al suelo, vida y distribución de nutriente del suelo hacia la planta, así van contribuyendo con el mejoramiento de la captación de nitrógeno que es un macronutriente muy volátil que con las malas prácticas agrícolas que se utilizan, de este modo se ha evidenciado el exceso de fertilizantes químicos y desgaste del suelo en especial bajas producciones.

2.2 MARCO TEÓRICO

En este apartado se desarrollan las bases teóricas referentes al origen del maíz, importancia, variables morfológicas, requerimientos edafoclimáticos, nutrición y fertilización, plagas y enfermedades, así como el azotobacter.

2.2.1. Origen del maíz

El maíz es considerado como el cereal más antiguo dentro de América de esta manera este cereal ha permitido ser marcado como una cultura dentro del continente, es necesario especificar es uno de los alimentos preferidos por los consumidores, puesto que su forma de preparación tiene gran variedad, su sabor es exquisito y su forma de preparación y guisos es intenso y extenso.

De acuerdo al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2020), el maíz tiene como nombre científico *Zea mays*, perteneciente a la familia de las gramíneas, tribu maideas, originario de los trópicos de América Latina, cultivados especialmente por campesinos e indígenas de las zonas, es considerado un alimento básico y de este producto se derivan muchos sub productos, además es usado para la industria.

Por otra parte, Caballero, Córdova y Herrera (2019), mencionan que los orígenes del maíz se han estudiado a través de los tiempos, apareciendo en los años 9000 y 5000 antes de cristo iniciando el cultivo en México y Guatemala. El maíz es el único grano originario del hemisferio occidental. Se cree que su origen está en México, pero luego de la llegada de los europeos se propagó hasta Canadá y Argentina. También se difundió hacia el Viejo Continente, Asia y África.

Basándose en la teoría Matsuoka, apegados a las evidencias genéticas, se puede decir que el maíz cultivado fue domesticado en el sur de México por los años 9000, extendiéndose a Estados Unidos, Guatemala y hacia el sur de América Latina, se identificó al teosinte (*Zea mays*). Existe una

diversidad de maíces, de las especies de teosinte que se ha convertido en un producto de primera necesidad para las familias (Coletto, Bartolomé y Velázquez, 2017).

Los mayas consideraban que el maíz era uno de los productos más importantes debido a la composición nutricional, pertenece a la familia de las gramíneas, fue adaptado a la agricultura doméstica, donde los primeros pobladores hicieron de este grano el alimento principal, conforme al pasar del tiempo, el hombre ha venido adaptando la agricultura de acuerdo a las condiciones de la tierra y la temperatura ambiental. El maíz ha sido modificado por los humanos para hacerla más grande con el fin de comercializarla a nivel local e internacional.

El uso principal que se le da al maíz es el de la alimentación, puesto que su manera versátil en la cocina hace que sea un ingrediente esencial en los platillos de todo tipo, al ser de uso variado, también se puede hacer harina de maíz, emplearse de forma individual, así como en recetas caseras. En cuanto a otra de las formas de usar es el aceite de maíz, puesto que es uno de los más económicos. Para muchas personas, los productos a base de maíz sustituyen al pan de trigo y sus derivados. En Ecuador al ser un país andino existe una variedad de razas de maíz, que se han adaptado a los distintos suelos, altitudes y ecosistemas, existen 25 razas de maíz ecuatoriano (Gianella, 2019).

2.2.1.1. Taxonomía del Maíz

Dentro de la tabla 1, es posible notar la clasificación del maíz, el cual es un tipo de gramínea que provenía de América y fue llevada a Europa en el siglo XVII. De los cereales, el maíz es el que más se produce a nivel mundial, superando incluso al trigo y el arroz (Medina, 2019).

Tabla 1: *Taxonomía del maíz*

Reino	Vegetal
--------------	----------------

División	Magnoliophyta
Orden	Poales
Familia	Poacea
Género	Zea
Especie	Mays
Nombre científico	<i>Zea mays</i> L
Nombre común	Maíz , choclo

Se dice que el maíz es una planta con una sola cotiledón, que pertenece a la categoría de gramíneas y que su origen es América.

2.2.2. Importancia del maíz

A nivel internacional, el maíz tiene una representación significativa entre la producción de otro tipo de granos, así en el Salvador, es el rubro que mayor importancia tiene en la canasta básica de los hogares. La cantidad de alimentos que se consume por persona al año es de 80.51 kilogramos en las áreas urbanas y 127 kilogramos en las rurales, lo que la ubica como una de las mayores cantidades de consumo en Centroamérica; ya que el 95% de la producción se destina para el consumo humano (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2020).

El *Zea mays*, más conocido como maíz, es un cereal de mayor producción en el mundo, usado para consumo humano y animal, así como en la industria para extraer derivados como el aceite. Según Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019), el cultivo se lleva a cabo en suelos ricos en nutrientes, con texturas medias y buen drenaje. Se puede encontrar desde los 0 a los 3.000 metros sobre el nivel del mar. El tiempo de crecimiento de las variedades puede variar desde 80 a 200 días, dependiendo de las condiciones.

Abordando la producción mundial de maíz en el año 2018 se registró 1.107 millones de toneladas, un 2,88%, cifra superior con respecto al año 2017. El país que mayor producción registra en millones de toneladas es Estados Unidos quien produjo 366,3, seguido de China con 257.3 Brasil con 96 millones de toneladas, en tercer lugar, se encuentra Brasil con 96; en el puesto octavo se encuentra México 26.7 y el país vecino de Colombia en el 16avo puesto con 7.0 millones de toneladas por año (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Al ser considerado un producto que tiene una diversidad de sub productos y usos, en el mundo es consumido por los hogares y la industria, así en el sector agrícola ecuatoriano, la producción del maíz aporta al aparato económico, es decir al Producto Interno Bruto con alrededor del 7.33%, sobresaliendo entre los productos del agro (Caviedes, 2019).

De acuerdo a la Corporación Financiera Nacional (2021), en el Ecuador para el año 2019, la producción de maíz fue de 1,554.09 toneladas, incrementó en 12% respecto al 2018; pero en el año 2020 registró una caída del 2% con respecto al año anterior con una producción de 1,358.63 toneladas, esto debido a las condiciones del país y del mundo por la llegada de la pandemia, la producción se vio afectada, así como el consumo de este tipo de grano.

Para Urango (2018), la composición de nutrientes del maíz, “En comparación con otros cereales y alimentos vegetales, el contenido de carbohidratos y fibra es considerable. Se han identificado niveles de hasta 72% de almidón, 10% de proteínas y 4% de lípidos, lo que equivale aproximadamente a 365 kcal por cada 100 g de la dieta” (p.193). Además, según Deras (2020), la planta de maíz es capaz de aprovechar las oportunidades que ofrece el medioambiente, teniendo una gran respuesta a la luz y al agua.

Se clasifica en maíz duro, dulce, reventador, dentado, harinoso y ceroso. El maíz duro para Gianella (2019), tienen características como granos suaves y redondos de aspecto duro, resistente a insectos, tiene una buena germinación, adaptándose a climas fríos y húmedos, usado para el consumo humano y animal, tiene varios colores rojo, blanco, negro, púrpura, verde, azul y amarillo.

El maíz dulce es más usado cuando la mazorca esta verde, el grano contiene altos grados de azúcar, a criterio de Gianella (2021), en zonas comerciales, estas variedades tienen un bajo desempeño y suelen ser más vulnerables a enfermedades que otras variedades, por lo que rinden poco.

En cuanto al maíz reventador, es duro, tiene almidón en bajas proporciones, al ser sometidos a altas temperaturas estos revientan. Por otro lado, el maíz dentado, es sensible a insectos y hongos, el de color amarillo es usado de alimento para animales y el blanco para humanos. El harinoso es

procedente de México, es blando y de distintos colores, es sensible a la pudrición, usado para tostado. Los maíces cerosos son opacos y cerosos, son cultivados en Asia y China (Gianella, 2019).

En Ecuador, se han identificado 29 variedades de maíz, siendo 17 de ellas originarias de la Sierra, por lo que se cree que esta región contiene el mayor número de riquezas genéticas por unidad de superficie para este cultivo (Coral, et al, 2019).

La variedad en el maíz es evidente tanto en su color, textura, composición y configuración del grano. Puede ser clasificado según su tipo de grano, color, lugar de cultivo, grado de madurez y uso (Tapia, et al, 2017).

2.2.3. Variables morfológicas

González (2018), menciona que el *Zea mays*, es una gramínea domesticada y en la actualidad depende del cultivo del ser humano para permanecer y dar fruto, tiene espiguillas masculinas y femeninas, está formado por granos y la mazorca, su posición en la planta es lateral, casi a la mitad del tallo, tiene granos desnudos y anclados a un eje. México y Perú se caracterizan por contar con la mayor diversidad racial, con alrededor de 49 y 48 razas.

2.2.3.1. Raíz

La profundidad a la que puede alcanzar la planta puede ser de hasta 2 metros, y su diámetro alcanzar un máximo de 1,2 metros, dependiendo de las condiciones de cultivo. Existen tres tipos de raíces: las temporales o germinativas, las permanentes que nutren a la planta y las adventicias que sirven de anclaje. Esta planta es vulnerable a la sequía debido a la gran cantidad de raíces superficiales, e intolerante a suelos con pocos nutrientes y a vientos fuertes.

2.2.3.2. Tallo

El tallo, que es una caña maciza sin ramificación, tiene una altura variable. Está compuesto por tres capas: la epidermis externa, que es impermeable y transparente, una pared que transporta los alimentos y una médula de tejido esponjoso y blanco, donde se almacenan principalmente azúcares, está provisto de varios nudos.

2.2.3.3. Hojas

Las hojas presentan un tallo lineal de nervadura paralela, con vaina, cuello y lámina foliar que emergen desde la parte superior de los nudos. Estas hojas suelen ser pubescentes, tienen bordes lisos y terminan agudizadas, pudiendo alcanzar tamaños de más de 1 metro. Los tallos resultantes, llamados mazorcas, están formados por troncos cubiertos por filas de granos que son los comestibles.

2.2.3.4. Flores

El maíz es una planta monoica, lo que significa que presenta sexos separados, bien diferenciados. La inflorescencia masculina, conocida como panícula, panoja, espiga, está formada por un eje central, el raquis, y ramas laterales donde se colocan espiguillas de manera polística. Cada una de estas espiguillas está protegida por dos brácteas que contienen flores estaminadas. En cada florecilla hay tres estambres con granos de polen. En promedio, una antera posee 2800 granos de polen, lo que significa que una planta tendría alrededor de 5 millones.

Para Kato, et al (2009), Las inflorescencias femeninas se encuentran en las yemas axilares de las hojas, formando espigas cilíndricas compuestas por un raquis central con espiguillas en pares. Estas espiguillas tienen dos flores: una fértil y otra abortiva, dispuestas en hileras paralelas. Las flores fértiles poseen un ovario único unido al raquis por un pedicelo, un estilo largo y estigmático para recibir el polen. La fecundación ocurre principalmente por polinización cruzada (95-98%) siendo la autopolinización más bien inusual (2-5%).

2.2.3.5. Fruto

La cantidad de grano que una mazorca contiene varía dependiendo de la variedad cultivada, con un número de líneas que puede variar entre 10 y 25 y una cantidad de granos por línea entre 18 y 42. Esto hace que exista una amplia variedad de cantidad de granos por mazorca (INIAP, 2011).

2.2.4. Requerimientos edafoclimáticos

Se puede lograr un aumento en la producción del maíz mediante dos vías: "a) mejorar los genotipos de las plantas para que se ajusten en forma más eficaz a los entornos donde se desarrollan, o

incrementar su resistencia a condiciones ambientales desfavorables, y b) modificar el medio ambiente, lo que abarcaría tareas como la fertilización, el uso de pesticidas, el riego, etc. (Orneta, 2018)

Es fundamental saber cómo los requerimientos edafoclimáticos impactan en las siembras para tener éxito en el desarrollo de los sistemas agrícolas. Esto depende de la utilización y administración apropiada de los recursos climáticos, de suelo y nutricionales para obtener la mejor producción. El entorno ambiental es un factor determinante que incide en el desempeño y la productividad de los cultivos. Por ende, al momento de analizar una parcela, se debe considerar el sistema suelo-planta-atmósfera y los componentes climáticos, edáficos y de manejo, al igual que sus interrelaciones (Guaña, 2019).

De acuerdo a Maridueña (2020), es preferible cultivar el maíz en terrenos con una rica cantidad de materia orgánica, propiedades físicas y biológicas óptimas, caracterizados por ser francos, profundos y altamente fértiles, con un pH entre 5,5 y 7. Para la germinación, se necesitan temperaturas medias diurnas no inferiores a 10°C, siendo la óptima entre 18 y 20°C. Para el crecimiento, es necesario que la temperatura mínima sea de 15°C y la máxima de 40°C, con un promedio ideal entre 20 y 30°C. Para la floración, se necesitan temperaturas promedio entre 20 y 30°C, además de días soleados y noches frías. El periodo más crítico se encuentra durante y luego de la floración.

2.2.3.5. Suelo

Es esencial tomar en consideración los aspectos del suelo como el pH, la textura y la estructura al momento de elegir un terreno apropiado para la siembra de maíz. Además, es necesario tener conocimiento del historial de cada lote para poder elaborar un plan de manejo adecuado que permita el desarrollo de la planta.

Los requisitos para la producción de maíz pueden variar desde cero hasta dos mil metros sobre el nivel del mar; sin embargo, el factor decisivo para el éxito de la cosecha está en la actitud y desempeño del agricultor (Cárdenas, 2022).

El maíz necesita muchas horas de luz y temperaturas cálidas para producir más. Se debe sembrar cuando comiencen las primeras lluvias del año, ya que no requiere riego. Se recomienda usar suelos profundos, ricos en materia orgánica y con buen drenaje para evitar encharcamientos (RCN Radio, 2020).

2.2.5. Nutrición y fertilización

Es necesario mencionar que el maíz es un cereal de producción primaria, su producción varía según la calidad de la tierra (Remache, et al, 2017). El cultivo del maíz requiere la aplicación de fertilizantes al momento de la siembra, que generalmente se basa en fosfato diamónico y que varía entre 50 a 150 t ha⁻¹. La maleza se controla con el uso de herbicidas (Medina, 2018).

Los procesos biológicos de fijación del nitrógeno (N₂) desempeñan un papel fundamental en la creación de sistemas agrícolas sostenibles. Aumentar estos procesos puede reducir la necesidad de usar fertilizantes nitrogenados sintéticos, lo que tendría un impacto positivo en el ciclo del nitrógeno, el calentamiento global y la limpieza de aguas subterráneas y superficiales (Toreto, 2006).

Es necesario reconocer que el maíz se ha convertido en un insumo clave para una creciente variedad de industrias en el mundo, más que ser para consumo humano sigue siendo de consumo para el ganado y aun ese sigue siendo el principal destino, sin embargo, el consumo industrial viene creciendo a un ritmo más acelerado y para esto es necesario reconocer que los fertilizantes que se está utilizando actualmente en la producción de maíz está afectando al suelo en el que se pretende cultivar y es por esto que una de las soluciones más factibles para los agricultores es azotobacter.

Las bacterias del género *Azotobacter* se destacan entre las simbióticas fijadoras de nitrógeno, ya que se expanden de forma veloz y ofrecen una gran cantidad de beneficios a la agricultura. Estas bacterias ayudan al desarrollo de las plantas, producen hormonas vegetales y crean enzimas que mejoran la solubilización de fosfatos y componentes oligoelementales, facilitando la absorción por parte de las plantas (Mishustín y Shilnikova, 1985).

Es importante dar a conocer que los efectos benéficos en la productividad y rendimiento de los cultivos que se han evidenciado con la inoculación de azotobacter se han visto demostrados por diferentes investigadores que han aplicado en sus prácticas de cultivo este fertilizante y con los estudios realizados se han confirmado que la aplicación de este producto es favorable no únicamente a la producción sino a la interacción existente entre suelo, microorganismo y planta.

La principal ventaja de emplear *Azotobacter* spp como biofertilizantes es la facilidad de su aplicación, ya que estas bacterias pueden sobrevivir durante varios años en el suelo, contribuyendo a su regeneración poco a poco. Son inofensivas para la salud humana y el medio ambiente, siendo adecuadas para la agricultura ecológica y la producción integrada (Gaitán & García, 1998.)

Para Martínez et al, (2018), los resultados obtenidos al inocular biofertilizantes en semillas de cultivos básicos han sido satisfactorios en muchas áreas tropicales. Esto se debe a que estos elementos aumentan la rapidez con la que las plantas absorben los nutrientes debido a su efecto directo en las raíces. Los biofertilizantes son más eficaces para la absorción, permiten que las raíces se extiendan y tengan mejor capacidad de alimentarse.

Los productores de maíz reconocen que, para tener un rendimiento alto, se deben usar concentraciones adecuadas de fertilizantes. Sin embargo, el desafío radica en saber cuáles son las cantidades necesarias para lograrlo, ya que el uso excesivo de estos productos químicos conlleva a graves perjuicios económicos y daños medioambientales. El nitrógeno es el nutriente más importante para obtener buenas cosechas de maíz, sin embargo, el aumento de los fertilizantes químicos en el suelo puede llevar a la contaminación de acuíferos, lagos y bahías, además de generar un incremento en los insectos plaga. Por lo tanto, el uso ineficiente de los fertilizantes ha sido reconocido a lo largo de los años como la principal fuente de contaminación en los campos de cultivo (Vera & Cepeda, 2020).

Es conveniente que los agricultores cambien el uso de fertilizantes químicos por aquellos de origen natural como azotobacter que se convierten en una estrategia agro ecológica que beneficia al suelo y los seres vivos que cohabitan en la tierra, mitiga el impacto ambiental y el daño en la salud humana.

En cuanto a los requerimientos nutricionales del maíz, este tipo de cultivo requiere de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc, a continuación, se detalla los requerimientos, índice de cosecha y rendimiento de 9000 kg por hectárea.

Tabla 2 Requerimientos nutricionales de Maíz

Nutriente	Requerimiento	Índice de Cosecha	Rendimiento de 9000 kg/ha	
			Necesidad	Extracción
	kg/ton grano		kg/ha	kg/ha
Nitrógeno	22	0,66	198	131
Fósforo	4	0,75	36	27
Potasio	19	0,21	171	36
Calcio	3	0,07	27	2
Magnesio	3	0,28	27	8
Azufre	4	0,45	36	16
Boro	0,020	0,25	0,180	0,045
Cloro	0,444	0,06	4,	0,240
Cobre	0,013	0,29	0,117	0,034
Hierro	0,125	0,36	1,	0,405
Manganeso	0,189	0,17	2,	0,289
Molibdeno	0,001	0,63	0,008	0,005
Zinc	0,053	0,50	0,477	0,239

Fuente: (IMPOFOS, s/f)

El nitrógeno se encuentra en la materia orgánica, para ello es importante mantener un porcentaje representativo, aunque la planta no puede absorber por la débil presencia debido a que debe pasar por un proceso de mineralización. Es uno de los elementos más importantes para la planta, involucrado en la molécula de la clorofila, división celular, síntesis de ácidos nucleicos, división de yemas, flores y frutos. El nitrógeno impacta con mayor significancia en el rendimiento, aunque su exceso debilita los tejidos celulares exponiendo a las enfermedades. Existe tres fuentes de nitrógeno: nítrico, amoniacal y ureico.

Las deficiencias de nitrógeno son evidenciadas en el amarillamiento de la planta. La clorosis primero aparece en las hojas más viejas o en las hojas superiores. Las plantas se ven pálidas y una necrosis de color café empieza en la punta de la hoja que se extiende hacia la nervadura media en

una forma de V invertida (Zambrano, et al., 2021).

En cuanto al fósforo, es uno de los macronutrientes más complejos en la planta, para ello se requiere realizar un análisis de suelo para detectar el estado. El fósforo es indispensable en la fotosíntesis de la planta, permite estimular la germinación, la floración, así también vigoriza el tallo y toda la planta. La aplicación externa mejora el rendimiento.

El potasio permite la nutrición vegetal, la absorción es de carga positiva, es móvil, puede ser reasignado y reubicado en el crecimiento nuevo. La deficiencia de potasio se evidencia como una quemación en la punta de las hojas, asimila un estrés por sequía o exceso de sales. La deficiencia de potasio puede darse por el suelo arenoso, compactado, ambientes secos, o aplicaciones excesivas de amonio o nitrógeno. Las deficiencias de potasio se corrigen verificando el fertilizante mediante la cantidad recomendada (Zambrano, et al., 2021).

El calcio es considerado un macronutriente secundario, es importante para la producción de la planta, la deficiencia se puede ver en la distorsión de las hojas y frutos. Las causas pueden ser la falta en el programa de fertilización.

Abordando el magnesio, es un nutriente importante porque forma parte de la molécula de la clorofila, permite que la energía del sol se transforme en energía biológica, sin magnesio se debilita la producción. Puede ser aplicado en forma de fertilizantes al suelo o por irrigación.

Continuando con el azufre, en el suelo se encuentra de forma orgánica, proviene de resto de plantas y animales, también de forma inorgánica, no es muy móvil, pero es esencial para la formación de aminoácidos, es un nutriente importante para el desarrollo de la planta, permite una mejor floración porque absorbe mayores colorantes.

En el caso de faltar algunos de estos nutrientes básicos, se evidencian síntomas de falta de nutrición en el maíz, estos son en el efecto localizado, clorosis, demostrando falta de nitrógeno, púrpura, falta de fósforo. En cuanto a los síntomas visibles el efecto localizado en necrosis apical y marginal, falta de calcio; nervaduras cloróticas, falta de zinc. Manchas necróticas, nervaduras cloróticas problemas con la absorción de azufre y nervaduras verdes, problemas con el magnesio, a continuación, se desagrega en la siguiente figura.

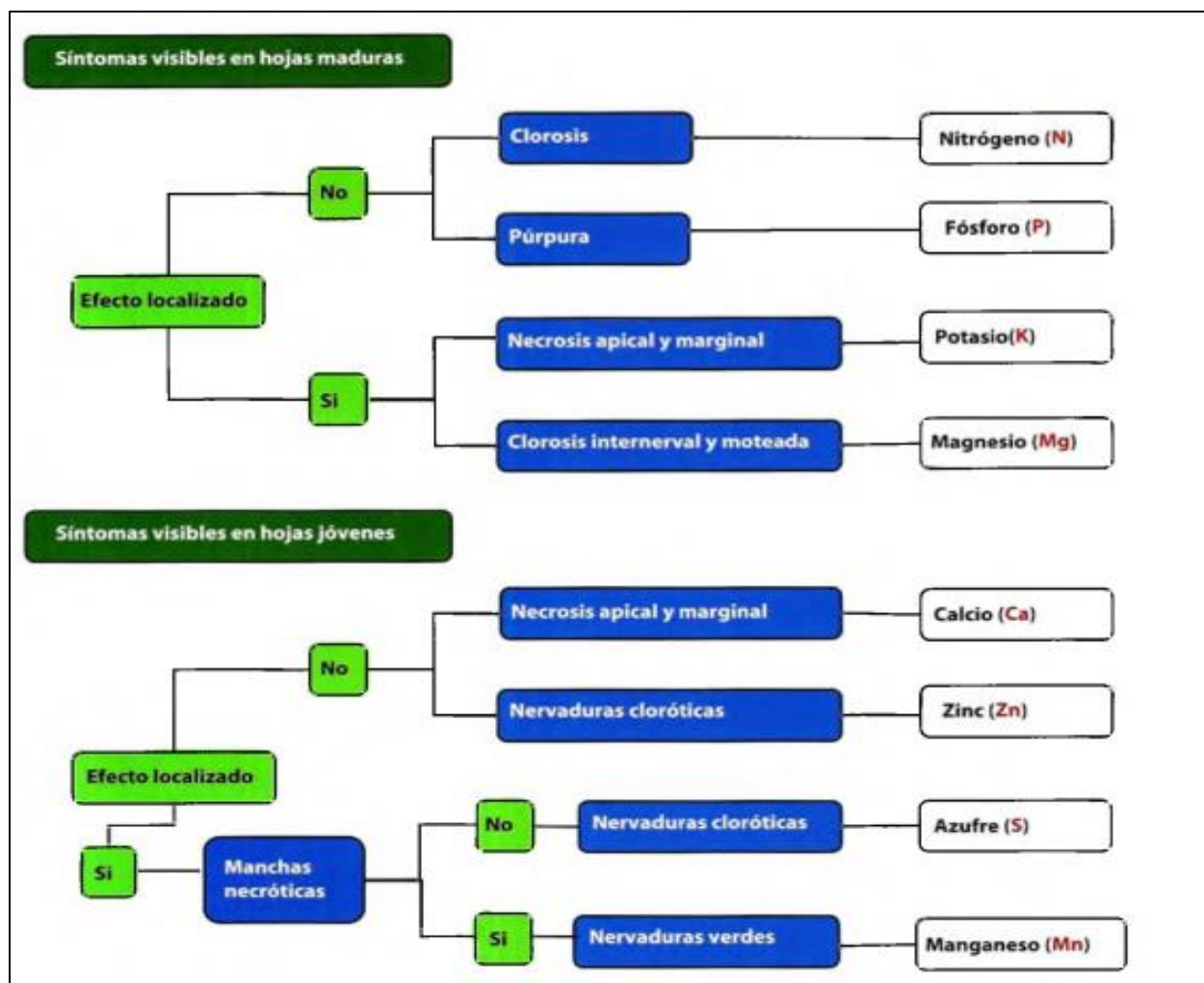


Figura 1 Síntomas de deficiencias de nutrición en el maíz

Fuente: (Zambrano, et al., 2021).

Los efectos de la carencia de nutrientes como el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio, el azufre, el manganeso y el cinc son poco frecuentes y pueden ser contrarrestados con la aplicación de fertilizantes sólidos o líquidos cuando la planta tenga entre 8 y 9 hojas (Zambrano, et al., 2021). una vez transcurrida esta etapa, es recomendable según el autor aplicar un fertilizante foliar con el fin de disminuir el efecto de la deficiencia.

2.2.6. Plagas y enfermedades

Los agricultores en su mayor parte usan pesticidas y fungicidas químicos para atacar a las diferentes plagas, recurriendo a sellos rojos por su bajo costo, sin tomar en cuenta la grave

contaminación que se ocasiona al suelo y la salud, así en el cultivo del maíz Bonilla y Singaña (2019), mencionan que: el desconocimiento de las cantidades de pesticidas y fertilizantes químicos apropiadas para varias condiciones climáticas y de suelo puede tener un efecto negativo en la productividad agrícola, ya que la existencia de rendimientos marginales decrecientes está correlacionada con el uso de estas sustancias.

De acuerdo a Vega, et al, (2017), Los cultivos de maíz han experimentado: i) una implementación generalizada de la siembra directa, ii) un uso en altas proporciones en los rotaciones de maíz, iii) un aumento en la adopción de variedades templadas (más susceptibles a enfermedades) sobre las tropicales o híbridas en algunas áreas del país, iv) la creación de "puentes verdes" a través de la expansión de áreas y fechas en las que se siembra el cultivo, v) el empleo de variedades no genéticamente seleccionadas para áreas específicas, vi) un uso limitado de fertilizantes en maíces tardíos, vii) una baja adopción de monitoreo en el cultivo y viii) una gran adopción de fechas de siembra tardías en la mayoría de las áreas productoras del país (p.110).

El maíz está expuesto a insectos, gusanos como el cogollero para lo cual el control químico es una de las principales alternativas para poder eliminarlo, otra plaga que afecta al cultivo es el barrenador del tallo, su nombre científico (*Diatraea spp*), es difícil de detectar al colocarse en el tallo, con más incidencia en la época de lluvia (Caviedes, Carvajal-Larenas, & Zambrano, 2022).

Las enfermedades que se presentan comunmente en el maíz de acuerdo a Varón y Sarria (2006), son:

Tabla 3 Enfermedades del maíz

Enfermedades causadas por hongos	Enfermedades causadas por cromistas	Enfermedades causadas por bacterias	Enfermedades de la mazorca	Carbones	Enfermedades causadas por virus	Enfermedades causadas por espiroplasmas y fitoplasmas
---	--	--	-------------------------------	----------	--	---

• Complejo Mancha de Asfalto	Mildeo Velloso	Pudrición Acuosa del Tallo	• Pudrición Rosada por Fusarium	Carbón Común	• Virus del Mosaico del Maiz	Achaparramiento
• Complejo Mancha Gris			• Pudrición Gris por Physalospora	Falso Carbón	• (MDMV) y Potyvirus Relacionados	
• Manchas Foliares por Helminthosporium			• Pudrición por Diplodia		• Virus del Rayado Fino del Maiz (MRFV)	
• Mancha Parda					• Virus del Bandeado del Maiz (MStpV)	
• Mancha por Phaeosphaeria					• Virus del Mosaico del Maiz (MMV)	
• Mancha Anular						
• Mancha Zonada						
• Mancha por Curvularia						
• Mancha por Diplodia						
• Borde Blanco						
• Bandeado de la Hoja						
• Royas						
• Roya Blanca Tropical						

Fuente: Varón y Sarria (2006)

2.2.7. Azotobacter

Se han identificado al menos siete especies de *Azotobacter*, las cuales están vinculadas filogenéticamente al género *Pseudomonas*. Entre ellas se destacan *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter armeniacus*, *Azotobacter beijerinckii*, *Azotobacter nigricans*, *Azotobacter paspali*, *Azotobacter salinestrus* y *Azotobacter vinelandii*. Estas especies pertenecen al dominio de las proteobacterias (García, 2019).

El *azotobacter* empleado en el proceso de experimentación para evaluar el efecto de la inoculación sobre el desarrollo del cultivo de maíz puede encontrarse en varias presentaciones, una de ellas con la marca comercial Dimazos, es un inoculante biológico en presentación líquida, comercializado en el país vecino de Colombia, donde los agricultores han podido aplicar en los cultivos, evidenciando una mejoría en la producción del maíz y otros cultivos de ciclo corto.

La composición de azotobacter (Dimazos), las bacterias *Azotobacter chroococum* y *Azospirillum* sp, cuando se aplican al suelo o a las semillas, mejoran el desarrollo y el crecimiento vegetal, permitiendo que la planta y la rizosfera aprovechen los nutrientes de forma eficiente (BIOCULTIVOS, 2022).

El uso de azotobacter no es nuevo, en Cuba a inicios de 1990, se emprendió en un programa de fabricación y aplicación de *Azotobacter*, basado en cepas seleccionadas que demostraron ser capaces de aportar hasta 50% de los requerimientos de nitrógeno de las plantas mediante la fijación biológica, esta condición ha incidido directamente en el ahorro significativo de fertilizantes químicos, así como de un aporte importante a la mitigación del impacto ambiental y daño a la salud de las personas y los seres vivos (Gonzales, 2019).

Huete, Torres y Dominguez (2019), menciona que se ha estado considerando y estudiando en Cuba el uso de un tipo de microorganismo como biofertilizante. Se han descubierto sus propiedades benéficas para una amplia gama de hortalizas, cereales y alimentos, el *Azotobacter* es un microorganismo que contribuye a que los suelos no continúen degradándose, al ser un biofertilizante que reduce las cantidades de elementos contaminantes. Además, este biofertilizante tiene la capacidad de aportar con nutrientes al suelo para que estimulan el crecimiento y vigorosidad de la planta, estimulando el desarrollo vegetal.

Las bacterias de azotobacter permiten el desarrollo natural de las plantas, ayuda a que el nitrógeno esté en mejores condiciones, coadyuva a evitar el estrés hídrico, las raíces de la planta incrementan el volumen, con la capacidad de absorber de mejor manera los nutrientes.

Para el cultivo específico del maíz es recomendable aplicar una dosis de 500 gr o ml/ha, las épocas de aplicación son 15 días después de la emergencia. La cantidad de azotobacter a aplicar es igual para cultivos de pastos, soya, café y arroz. En el caso de la caña de azúcar es conveniente 1 litro por hectárea aplicado al suelo 30 días después de la emergencia (BIOCULTIVOS, 2022). Así también puede ser usado para la siembra de lechuga crespa, cebolla, tomate riñón; los biofertilizantes contribuyen de forma significativa para mejorar la producción y vigor de la planta.

Clasificación taxonómica

Dentro de la tabla 2, se puede apreciar la taxonomía del género *Azotobacter*, la cual se puede clasificar en la familia Pseudomonadaceae, un género que alberga bacterias grandes y ovoides, con un diámetro que varía entre 1.5 y 2.0 micras. Estas bacterias son capaces de desplazarse debido a la presencia de flagelos peritricos (Vélez y Díaz, 2015)

Las bacterias del género *Azotobacter* son células Gramnegativas con una pared celular compuesta de una membrana externa y una capa interna de peptidoglicano. Estas células tienen forma ovoide, miden entre 1,5 y 2,0 μm de diámetro y se encuentran normalmente en suelos y aguas frescas. Presentan morfologías variables, desde bacilos a cocos, y pueden estar presentes como células individuales, en pares, agregados irregulares o cadenas. Algunas especies como *A. vinelandii* y *A. chroococcum* desarrollan quistes resistentes a la desecación. Además, estas bacterias son aerobias, pero también pueden vivir con bajas concentraciones de oxígeno (Egas, 2018).

Los miembros del género *Azotobacter* son quimioorganotrofos, lo que significa que usan azúcares, alcoholes y sales inorgánicas para su crecimiento. Utilizan nitrato y amonio como fuentes de nitrógeno, además de ciertos aminoácidos. Estas bacterias reaccionan positivamente al reactivo catalasa. El rango de pH óptimo para su crecimiento en presencia de nitrógeno combinado es entre 7,0 y 7,5, mientras que en suelos el pH oscila entre 6,0 y 8,5. Esto significa que, para que *Azotobacter* se desarrolle, el suelo debe ser lo suficientemente ácido o alcalino (Egas, 2018).

El género *Azotobacter* pertenece al dominio de las proteobacterias y se encuentra emparentado filogenéticamente con *Pseudomonas*. Existen al menos siete especies reconocidas: *A. chroococcum*, *A. armeniacus*, *A. beijerinckii*, *A. nigricans*, *A. paspali*, *A. salinestris* y *A. vinelandii*. Estas especies destacan por su capacidad de producir exopolisacáridos de interés comercial, fijar nitrógeno atmosférico con alta tasa de respiración y promover el crecimiento de plantas (García, 2019).

Para aislar bacterias del género *Azotobacter* spp., se recomienda el uso de medios de cultivo sin trazas de nitrógeno y con diferentes fuentes de carbono. Además, se debe tomar en cuenta el estado físico del medio de cultivo (sólido o líquido). Las muestras de suelo deben inocularse en forma de

gránulos individuales o suspensión. Para la identificación preliminar, se sugieren pruebas fenotípicas como morfología colonial, tinción de gram y pruebas bioquímicas. No obstante, estas no resultan tan eficientes para la caracterización de *Azotobacter* a nivel especie, debido a sus similitudes con la familia de las Pseudomonadaceae (García, 2019).

2.2.8. Fijación

La fijación biológica del nitrógeno es una de las formas de apalear la contaminación y degradación del suelo, así como de precautelar la salud y la vida, los nutrientes como el nitrógeno permiten que la planta crezca vigorosa, pero el uso de uno de tipo biológico es la clave para mantener un equilibrio en la naturaleza.

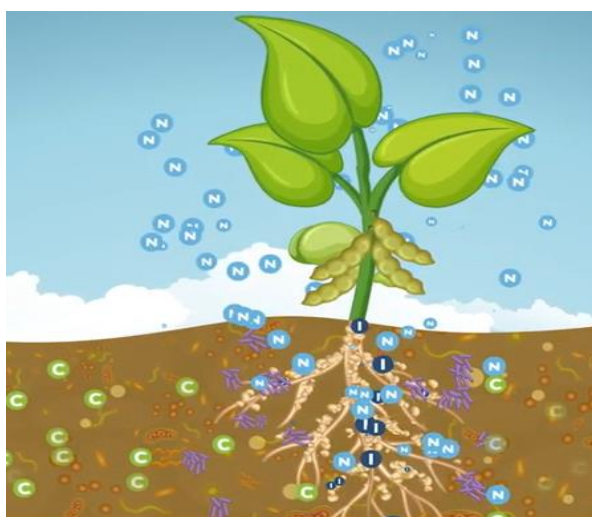


Figura 2 Fijación biológica de nitrógeno

Dicha fijación se produce a través de la asociación simbiótica entre la planta y una bacteria identificada como rizobio, ambos organismos se benefician en su interrelación, promoviendo nódulos más eficientes, llevados a cabo por los inoculantes, la semilla germina y se alimenta, libera azúcares, vitaminas y flavonoides captadas por los rizobios que fueron aplicados con el inoculante, se inicia la comunicación para desarrollar la simbiosis y los nódulos, formaciones ubicadas en la raíz donde las bacterias se alojan, toman el nitrógeno del aire para transformar el nitrógeno para las plantas (Rizobacter, 2021). Es recomendable inocular con tratamientos biológicos que garanticen un mayor crecimiento y genere ganancias al agricultor.

De acuerdo a Caffa y De Bernardin (2006), los organismos que tienen la capacidad de fijar nitrógeno son procarióticos y, entre estos, el más bien caracterizado es el *Azotobacter*, un organismo Gram (-), heterótrofo y móvil. Su mejor crecimiento se presenta en suelos neutros a alcalinos y mesofílicos, sin embargo, no

sobrevive en suelos ácidos. Esto impide que se desarrollen grandes poblaciones de este organismo, limitando la cantidad de nitrógeno fijado al suelo. En estos suelos, así como en los tropicales, los fijadores de nitrógeno son *Beijerinckia* y *Derxia*. Por otra parte, el *Clostridium pasteurianum* es un heterótrofo con un rango de pH intermedio, lo que lo hace apto para ser un fijador de nitrógeno anaerobio.

2.2.8.1. Beneficios

El *azotobacter* tiene la capacidad para fijar nitrógeno, por su rápida reproducción permite el crecimiento vegetal, aprovechando la materia orgánica presente en el suelo. Es “relevante en los procesos de oxidación de la materia orgánica durante la respiración..., un incremento de su metabolismo en suelos ricos en fenoles, lo que sugiere que estas bacterias contribuyen en la transformación de este tipo de residuos usados como fertilizantes” (Villadiego, 2020, p. 128).

De acuerdo a Mero (2021), la tasa de respiración más alta de *Azotobacter* ayuda a reducir los niveles de oxígeno en sus células, lo que le permite superar el problema de la supresión del complejo nitrogenasa, que es un factor limitante para la fijación de nitrógeno. Este aspecto beneficia el crecimiento de la planta, permitiendo desarrollar más raíces y la asimilación de nutrientes.

2.2.8.2. Características Generales

Azotobacter es un género de bacterias que viven sin depender de otros organismos, capaces de fijar nitrógeno atmosférico y que pertenecen a la clase Gammaproteobacteria. Las bacterias tienen un tamaño entre 1.5 y 2.0 μm , con diferentes formas; desde bacilos hasta células en forma de cocos. Estas pueden ser vistas individualmente, en parejas o formando agregados irregulares, a veces también en cadenas de diferentes tamaños. Se propagan mediante fisión binaria y se desplazan con ayuda de flagelos peritricos (Espín, 2000).

Durante más de un siglo, científicos de todo el mundo han estudiado los procariontes, un tipo de bacteria con una estructura menos compleja que la de las bacterias eucariotas. Estas bacterias también son extraordinarias porque tienen la habilidad de absorber nitrógeno del aire para luego transferirlo a la biomasa vegetal para su uso.

Estas bacterias son no proteolíticas y catalasas positivas, además son aerobias, quimioheterótrofas, y crecen con azúcares, alcoholes y sales inorgánicas. Están adaptadas para crecer con concentraciones bajas de oxígeno y pueden prosperar en un rango de pH entre 4.8-8.5, siendo el pH óptimo para su desarrollo 7.0-7.5. Estas bacterias son mesófilas, con una temperatura óptima de crecimiento de 30°C (Mayea, 1998).

Estas son bacterias de vida libre que crecen adecuadamente en medios sin nitrógeno. Utilizan el nitrógeno atmosférico para la síntesis de sus proteínas celulares. La proteína celular se mineraliza después de la muerte. Estas bacterias son libres de vida y pueden prosperar en medios sin nitrógeno. Utilizan el nitrógeno ambiental para la creación de sus proteínas celulares. Luego de la desaparición de la célula, estas proteínas se mineralizan, lo que contribuye a aumentar la cantidad de nitrógeno para las plantas silvestres y las cosechas agrícolas.

Las bacterias fijadoras no simbióticas de nitrógeno pueden incorporar al menos 10 mg de nitrógeno (N₂) por cada gramo de carbohidrato consumido. Estas bacterias necesitan molibdeno para poder fijar el nitrógeno, el cual puede ser sustituido parcialmente por vanadio. Además, estas bacterias pueden utilizar nitratos, sales de amonio y ciertos aminoácidos como fuentes de nitrógeno (Gaitán & García, 1998).

El uso de bacterias que son generadoras no simbióticas de nitrógeno puede mejorar el crecimiento de plantas y cultivos agrícolas. Esto se puede aprovechar en la biotecnología agrícola gracias a sus propiedades ecológicas, ya que no daña el medio ambiente y es un método natural.

Los microorganismos del género *Azotobacter* son Gramnegativos, tienen una estructura celular compuesta por una membrana externa y una capa interna de peptidoglicano, unido a ácido murámico y mureína. Estas bacterias tienen forma ovoide y son grandes, midiendo entre 1,5 y 2,0 μm de diámetro. Se encuentran comúnmente en suelos y aguas frescas, y su morfología varía desde bacilos a células en forma de coco, también se las observa como células individuales, en pares o en agregados irregulares, y algunas veces como cadenas (Egas, 2018).

Los organismos del género *Azotobacter* son quimioorganotróficos, lo que significa que se alimentan de azúcares, alcoholes y sales inorgánicas para su crecimiento. Utilizan nitrato y sales de amonio, así como ciertos aminoácidos, como fuentes de nitrógeno. Reaccionan positivamente al reactivo de catalasa. La gama de pH en la que crecen en presencia de nitrógeno combinado está entre 4,8 y 8,5; el pH óptimo para su desarrollo cuando fijan nitrógeno es de 7,0 a 7,5. El crecimiento de *Azotobacter* en el suelo está directamente relacionado con el pH, ya que no se desarrollan en entornos con valores por debajo de 6,0 (Egas, 2018).

Para García (2019), *azotobacter* es género de Proteobacterias, relacionado filogenéticamente con el género *Pseudomonas*, se llama *Azotobacter*. Hay al menos siete especies en este género: *Azotobacter chroococcum*, *armeniacus*, *beijerinckii*, *nigricans*, *paspali*, *salinestris* y *vinelandii*.

3. METODOLÓGIA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Dentro de la presente investigación el enfoque utilizado es de tipo cuantitativo.

Cuantitativo: La investigación cuantitativa es aquella donde se recogen datos estadísticos sobre variables; por lo que se obtiene resultados mediante la aplicación de toma de muestras y plantas cultivadas; es decir el producto final que en este caso será el maíz, el cual es el objeto de estudio, mismo que será importante para los investigadores con la finalidad de enriquecer el proyecto investigativo (Hernández, Fernandez, & Baptista, 2014).

Se busca determinar el significado de las relaciones entre las variables a través de una metodología deductiva. Esto implica formular hipótesis basadas en la teoría, convertir las variables en medidas observables y recopilar los datos para su interpretación (Monge, 2011).

Dentro de esta modalidad se recolectaron datos de la planta, relacionado mediciones de la altura, producción y rendimiento del maíz. Además, se recurrió al estadístico de Tukey para la comprobación de la hipótesis de si el azotobacter contribuye a tener una producción más rentable y se puede reemplazar la urea para evitar una contaminación del suelo, desertificación de la tierra y daños en la naturaleza en general.

3.1.2. Tipo de Investigación

Dentro del tipo de investigación se recurrió a la experimental:

Experimental: La investigación experimental permite demostrar la causa y efecto de una variable independiente a una dependiente. Para ello, la investigación tuvo como base el análisis estadístico, pudiendo comprobar la hipótesis planteada

3.2 HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

Hipótesis alternativa: La inoculación de azotobacter tiene efectos en el desarrollo y productividad del cultivo de maíz.

Hipótesis Nula: La inoculación de azotobacter no tiene efectos en el desarrollo y productividad del cultivo de maíz

DEFINICIÓN Y OPERACIÓN DE VARIABLES

Dentro de la tabla 4, se puede apreciar la definición de variables, en la cual se determinó de manera específica el desarrollo de la planta, así como la introducción de cada uno de los variables.

Tabla 4: Definición de variables

VARIABLES	EXTENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTO
Variable Dependiente	Altura	Se midió la planta a partir de los 45 días de la primera aplicación; la medición se realizó desde el inicio del tallo hasta la última hoja; los datos se lograron obtener desde el día 45 seguido por los días 40, 47 y 56 días después de la siembra.	Observación	Metro, libreta, esfero.
	Numero de mazorcas	Se utilizo 10 mazorcas por cada unidad experimental, y en total se pesó 200 mazorcas.	Observación	
	Rendimiento	Peso de quintales por hectáreas	Observación	

Variable Independiente Fertilizantes (Bacterias y fertilizante nitrogenado)	Bacterias captadoras de nitrógeno (AZOTOBACTER).	Aplicación de azotobacter al 25%, 50% y 75	Observación	APLICACIÓN DE FORMA MANUAL
	Fertilizante nitrogenado (UREA).	Aplicación de Urea en la dosis recomendada	Observación	APLICACIÓN DE FORMA MANUAL

tabla guía básica

3.3 METODOS UTILIZADOS

A continuación, se desarrolla la metodología empleada en el proceso de experimentación de azotobacter en el cultivo de maíz, donde se demuestra la eficacia de la utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno para la absorción de nutrientes, que permiten estimular el crecimiento vegetativo y a su vez mejorar el rendimiento de la producción para que el agricultor tenga mejores beneficios económicos.

3.2.1. Localización del experimento

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Imbabura, ciudad de Cotacachi, comunidad de Cuicocha, conocida por ser in sector agrícola, donde los agricultores se dedican en su mayor parte a producción del maíz. La ubicación se encuentra en las siguientes coordenadas: latitud N: 0.30107, longitud W: -78.26428, a una altura de 2418 msnm.

3.2.2. Superficie del Área

La presente investigación tuvo una superficie de 250 m², siendo las dimensiones del terreno de 25 m² de frente y 19 m² de profundidad. El terreno se dividió en 20 unidades experimentales en medidas de 5 m x 4 m, dejando 1 m de camino en cada unidad experimental.

3.2.3. Descripción y caracterización del experimento

La investigación se realizó en condiciones de campo abierto, a temperatura promedio de 15° C; se utilizó un diseño de 20 bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones además de un testigo dando un total de 20 unidades experimentales.

Cabe mencionar que la experimentación se destinó específicamente para la verificación del peso de la mazorca en etapa de choclo, debido a que en esta condición el fruto contiene mayor cantidad de agua dentro del grano, pudiendo comparar las diferencias significativas entre los tratamientos con azotobacter, urea y aquellos sin fertilización.

Dentro de la figura 1, se puede observar las medidas del terreno y la caracterización que se realizó dentro del experimento.

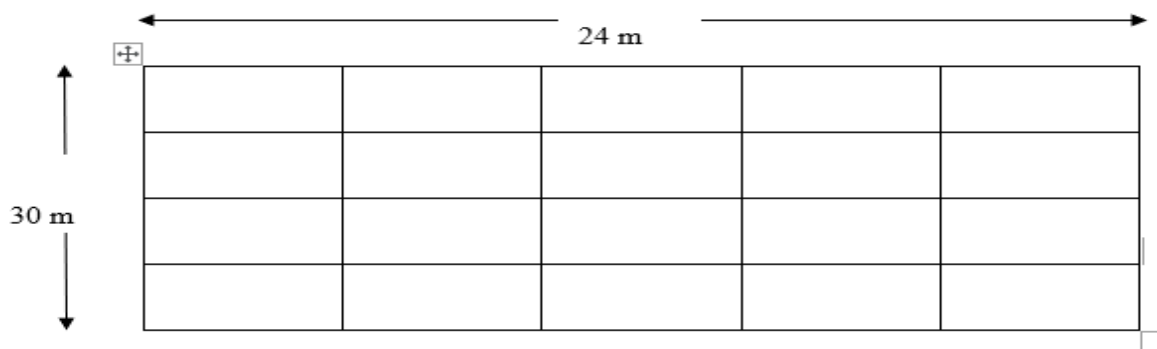


Figura 3. Caracterización del experimento

3.2.4. Distribución de tratamiento

La investigación consta de cuatro tratamientos y cinco repeticiones además de un testigo, con un total de veinte unidades experimentales, los cuales fueron distribuidas como se observa en la Figura 4.

Nº de tratamientos: 4

	T1R1	T2R1	T3R1	T4R1	TESTIGO
Nº de repeticiones: 5	T4R2	TESTIGO	T1R2	T2R2	T3R2
	T1R3	T3R3	T2R3	TESTIGO	T4R3
	TESTIGO	T2R4	T4R4	T3R4	T1R4

Figura 4: distribución de los tratamientos

3.2.5. Población y muestra

Dentro de la población de la presente investigación estuvo presentada en 700 m², conformada por un total de 1000 plantas de maíz, distribuidas en 20 bloques con 50 unidades cada una, la muestra se consideró en función a la parcela neta, misma que estuvo conformada de 10 plantas.

Las medidas de los surcos fueron de 5 m cada uno con una dimensión de 20 centímetros, la distancia entre planta fue de 45 cm, además se dividió los caminos de 1 m para que el agricultor tenga la posibilidad de realizar la labor agrícola y evitar la fertilización cruzada entre los bloques experimentales.

A continuación, se muestra las características de la distribución de las plantas en una unidad experimental.

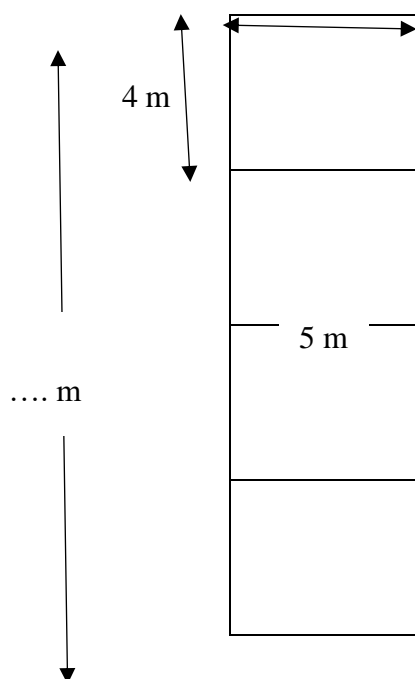


Figura 5: *diseño de la parcela neta y la unidad experimental*

3.2.5.1. Tratamientos

La presente investigación estuvo conformada por cuatro tratamientos los cuales se describen en la tabla 5.

Tabla 5: *Tratamientos*

Tratamientos	Fertilizantes
T1	Azotobacter 25 %

T2	Azotobacter 50 %
T3	Azotobacter 75 %
T4	Urea 100%
Testigo absoluto	Ningún fertilizante

Los muestreos se realizaron a los 40, 47 y 56 días después de la siembra y las variables evaluadas fueron: longitud y mazorca, en etapa de choclo, se midió el peso, se tomó muestras al azar para comprobar las condiciones del fruto tomando en cuenta 10 plantas de cada tratamiento.

3.2.6. Variables de respuesta

Altura de planta: Se tomaron plantas de cada unidad experimental (parcela neta) a partir de los 45 hasta los 105 días después de la siembra con frecuencias de 7 días. La medición se la realizó desde el inicio del tallo hasta la última hoja de la planta, con la ayuda de la cinta métrica.

Rendimiento: Con la ayuda de una balanza, se realizó el pesaje de cada unidad experimental y por cada tratamiento se calculó la cantidad producida,

Procedimiento

✓ Análisis de suelo

A los 6 días previos a la siembra se realizó el análisis de suelo, se tomaron 12 submuestras, en distintas partes del área, se colocó las muestras en un recipiente y se procedió a mezclar, obteniendo así, una muestra madre de toda el área del ensayo, dichas muestras se enviaron a la empresa “Agrarprojekt S.A.” para ser analizadas.

✓ Cálculo y dosificación de abonos

Se realizó el cálculo de las necesidades nutricionales del cultivo de maíz en donde empleó los distintos abonos para ser pesados de acuerdo a los ingenieros de las casas comerciales donde se los adquirió y posteriormente aplicarlos en campo en los días que fueron planificados.

✓ Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se empleó la labranza convencional, es decir se empleó una rastra con animales, luego se realizó la limpieza del terreno que consistió en eliminar hierbas no deseadas para dejar el suelo suelto.

✓ Delimitación

Se delimitó el terreno, se trazaron surcos y las divisiones de tratamientos y repeticiones, usando piola y estacas, con las medidas descritas en las características del ensayo.

✓ Siembra

Se realizó la formación de surcos a una distancia de 30 cm, luego se realizó la siembra y se depositó 2 semillas por golpe obteniendo un total de plantas en toda el área experimental.

✓ Fertilización y aplicación de tratamientos.

Se suministró los distintos tipos de fertilizantes por cada tratamiento al momento de siembra. A los 40, 47 y 56 días se aplicó azotobacter, a las unidades experimentales destinadas. Se aplicó urea 2 veces a los 40 y 56 días después de la siembra

✓ Deshierba y Control fitosanitario

Se realizó la eliminación de hierbas no deseadas, en donde se utilizó un azadón para retirar plantas que impiden el desarrollo del cultivo; esta labor se la realizó dos veces en todo el ciclo del cultivo. Por otra parte, se aplicó productos químicos para el control de plagas y enfermedades.

✓ Cosecha

La cosecha se realizó a los 6 meses después de la siembra, en choclo, se realizó la cosecha a 10 plantas centrales de cada bloque y se pesó por bloque y por cada tratamiento.

3.2.7. Análisis estadístico

El diseño del experimento fue de bloques completos al azar para el control de la variabilidad de la pendiente del terreno; el diseño estuvo conformado por 4 tratamientos y 5 repeticiones, dando un total de 20 unidades experimentales. Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico a través del análisis de varianza (ANAVAR) y la prueba de Tukey al 5%.

Detalle	Valor
FV	G.L
Total	19
Rep/Bloque	3
Tratamiento	4
Error	12
Media	
CV (%)	

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Para el procesamiento de la información obtenida se utilizó el programa estadístico Statistic. Se utilizó el análisis de varianza para evaluar si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

4.1.1. Análisis de varianza para la altura de la planta del maíz

En la tabla 7 se muestran los datos de un análisis de varianza que permite determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos estudiados. La prueba de rango múltiple de Tukey se empleó para comparar los tratamientos a los 40, 47 y 56 días después del sembrado. Los resultados indican que existen diferencias significativas en el crecimiento de tallos en el maíz.

Tabla 6: análisis de varianza para la altura de la planta a los 40 días

Detalle	40 dds
FV	p=valor
Total	
Rep/Bloque	
Tratamiento	0,00**
Error	
Media	24,32
CV (%)	23,00

Una vez que se realizó el análisis de varianza para la variable de tamaño a los 40 días diferencias significativas teniendo una media de 24,32 cm y un coeficiente de variación de 23,00%.

Tabla 8: análisis de varianza para la altura de la planta a los 47 días

Detalle	47 dds
FV	p=valor
Total	
Rep/Bloque	
Tratamiento	0,00**
Error	

Media	34,96
CV (%)	21,12

Una vez que se realizó el análisis de varianza a los 47 dds para la variable de tamaño se obtiene diferencias significativas, también se obtiene en los resultados la media de 34,96 cm y un coeficiente de variación de 21,12%.

Tabla 9: análisis de varianza para la altura de la planta a los 56 días

Detalle	56 dds
FV	p=valor
Total	
Rep/Bloque	
Tratamiento	0,00**
Error	
Media	54,41
CV (%)	18,32

A los 57 días se obtuvo el análisis de varianza con una media de 34,96 cm y un coeficiente de variación de 18,32 %.

Tabla 7: Prueba de Tukey para la variable de tamaño de tallo a los 40 días

40 dds		
Tratamiento	Media	G.H.
(T1) Azotobacter 25%	20.275	B
(T2) Azotobacter 50%	26.500	A
(T3) Azotobacter 75%	26.375	A
(T4) Urea	26.225	A
(T5) Testigo	22.225	B

A los 40 días los tratamientos t2 t3 y t4 siendo los mejores sobre el incremento del porcentaje de crecimiento en el tamaño de maíz.

Tabla 8: prueba de Tukey para la variable de tamaño de tallo a los 47 días

47 dds		
Tratamiento	Media	G.H.
(T1) Azotobacter 25%	30.100	B
(T2) Azotobacter 50%	35.950	A
(T3) Azotobacter 75%	37.225	A
(T4) Urea	40.300	A
(T5) Testigo	31.225	B

Los tratamientos T2, T3 y T4, con un promedio de 34,96 y su coeficiente de variación de 23% de crecimiento, se tiene un crecimiento notable.

Tabla 9: prueba de Tukey para la variable de tamaño de tallo a los 56 días

56 dds		
Tratamiento	Media	G.H.
(T1) Azotobacter 25%	45.575	C
(T2) Azotobacter 50%	56.9.25	AB
(T3) Azotobacter 75%	60.575	A
(T4) Urea	57.925	A
(T5) Testigo	45.550	BC

Los tratamientos T2, T3 y T4 se observa que son los mejores tratamientos obteniendo

Tabla 9: tabla de rendimiento.

F.V.	D.F	SS	MS	F	P
Rep/Bloque	3	3.14600	1.04867		
Tratamiento	4	0.46175	0.11544	0.74	0.5810 ns
Error	12	1.86525	0.15544		
Total	19	5.47300			

TABLA DE BENFICIO COSTO

Tratamientos	Costo Marginal	Costo del Tratamiento	Costo Total	Rendimiento	Precio	Venta	B:C
	USD / ha	USD / ha	USD / ha	tn/ha	USD/qq	USD/ha	índice
T1 (Azotobacter)	600.00	5.34	605.34	2.37	14.6	692.04	1.1
T2 (Azotobacter)	600.00	10.68	610.68	2.50	14.6	730	1.2
T3 (Azotobacter)	600.00	16.02	616.02	2.68	14.6	782.56	1.3
T4 Urea	600.00	270.00	870.00	2.75	14.6	803	0.9
TESTIGO	600.00	0	600.00	2.25	14.6	657	1.1

En la tabla numero 10 se observa que todos los tratamientos presentan un favorable costo beneficio, deleva beneficios económicos en los tres tratamientos con la inoculación de azotobacter, cabe recalcar que el T3 representa una ganancia de 1 dólar con 30 centavos por cada dólar invertido.

4.2. DISCUSIÓN

4.3. Comparar los resultados con los antecedentes

En contrastación con los resultados obtenidos por López, Villegas y Sánchez (2013), la fertilización del maíz con inoculantes de géneros bacterianos como el azotobacter optimizan la absorción de los nutrientes mediante la raíz al hacerse más largas, permitiendo una alimentación más eficiente, la prueba de Tukey aplicada en el estudio demostró que el nivel de floración, el maíz inoculado alcanzó un peso de 7.03 g, siendo estadísticamente significativo al comparar con el peso de 2.60 g del maíz sin inocular.

Por otra parte, Biari et al. (2008), en el estudio que tuvo por objeto demostrar la eficacia de la utilización de fertilizantes naturales como azotobacter, confirmaron que el efecto de la inoculación con este tipo de organismos, permite una mejor fijación del nitrógeno, se evidenció un aumento de entre el 22% a casi el 50% en el peso del maíz, permitiendo un mejor rendimiento por hectárea de hasta el 16% de la producción, durante el cultivo se evidenció que la planta incremento el tamaño, grosor del tallo y hojas y las semillas eran más grandes y gruesas la absorción de nutrientes.

Según León y Rojas (2015), el uso correcto de fertilizantes orgánicos puede aumentar la producción de maíz, mejorando su productividad y rentabilidad. El estudio llevado a cabo mostró que la cantidad de azotobacter spp, nitrógeno fijado como amonio, ácido indol acético y fósforo solubilizado aumentó hasta 36,03 ppm, 60,75 ppm y 6,06 ppm, respectivamente, por lo que se registró un aumento en el crecimiento de las plantas en la zona de estudio.

Los resultados del estudio indicaron que el azotobacter posee una marcada actividad en la solubilización de fosfato y nitrato, promoviendo la disponibilidad de nutrientes en el suelo para las plantas. Además, el azotobacter produce sustancias estimuladoras del crecimiento, que contribuyen a mejorar el desarrollo y el rendimiento de las plantas. Estos resultados sugieren que el azotobacter es una herramienta útil para la fertilización orgánica y el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Los tratamientos realizados con Azotobacter sobre la altura de las plantas de maíz demostraron una mejora significativa 47 y 56 días después de la siembra. Esto indica que el fertilizante orgánico tuvo un efecto positivo en el crecimiento.

Los resultados mostraron que la bacteria promotora del crecimiento vegetal contribuyó a la síntesis de sustancias que favorecen el crecimiento de la raíz, lo que a su vez mejoró la absorción del fertilizante mineral nitrogenado en un 50%. Esto resultó en un aumento del peso fresco aéreo de la raíz. Esto sugiere que las bacterias tienen una influencia positiva en la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento de la raíz, mejorando su capacidad de absorción de FN, que trajo como consecuencia el aumento del peso fresco aéreo.

Según (Armenta-Bojórquez, 2010) La absorción de fertilizantes orgánicos y minerales del suelo, impulsada por las sustancias nutritivas, hace posible que el maíz tenga un crecimiento rápido y saludable.

Los resultados obtenidos tras la inoculación del maíz con Azotobacter demostraron diferencias significativas con respecto a las variables del testigo. Esto sugiere que la bacteria favorece el crecimiento vegetal mediante la transformación de los exudados de la raíz en nutrientes que optimizan la absorción del nitrógeno en el maíz, lo que a su vez aumenta la biomasa.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El remplazo de la urea por azotobacter es una técnica muy importante para mejorar la calidad y la productividad del suelo. Esta técnica permite a los agricultores ahorrar una gran cantidad de dinero en el uso de fertilizantes químicos, además de proporcionar una fuente de nitrógeno natural para los cultivos, también reduce los efectos nocivos de la urea en el suelo y en el medio ambiente, lo que contribuye a la protección de la salud humana y del medio ambiente. Esta técnica también es una excelente herramienta para mejorar la fertilidad del suelo y mejorar la producción agrícola.

En la experimentación de aplicación de azotobacter al cultivo del maíz se trabajó con 3 tratamientos, siendo estas al 25%, 50% y 75%. La aplicación de azotobacter al cultivo de maíz a una dosis del 75% es la mejor para el desarrollo del mismo. Esto fue demostrado por medio de una experimentación realizada en campo, y posteriormente un análisis estadístico con la prueba de TUKEY, se demuestra que una correcta aplicación de los tratamientos en el cultivo de maíz puede ser beneficiosa para su desarrollo.

El tratamiento 3 con la aplicación del 75% de azotobacter representa la opción más rentable para el agricultor teniendo un rendimiento por hectárea de 2.68 a un precio de 14.60 con una venta total de 782.56, reportando una ganancia de 1 dólar con 30 centavos por cada dólar invertido. La experimentación del uso de Azotobacter en los cultivos de maíz es importante porque esta bacteria es capaz de fijar nitrógeno del aire y transformarlo en nitrato, un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Esto significa que los agricultores pueden reducir el uso de fertilizantes nitrogenados y, por lo tanto, reducir los costos de producción. Además, el uso de Azotobacter no sólo es económico, sino que también es beneficioso para el medio ambiente, ya que reduce la cantidad de nitratos que se filtran en los acuíferos y acelera la recuperación de los suelos degradados por la agricultura intensiva.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar una capacitación a los agricultores de la comunidad de Cuicocha con el fin de dar a conocer los beneficios del azotobacter en el cultivo del maíz, mostrando el aporte positivo por el crecimiento de la planta y el rendimiento en la producción. Así como de concientizar en el uso de azotobacter para proteger la salud de los consumidores y la estabilidad del suelo.
- El remplazo de la urea por Azotobacter al 75% por hectárea sembrada es importante porque se trata de una bacteria que se encuentra en el suelo y que es capaz de realizar la fijación de nitrógeno atmosférico. Esta fijación de nitrógeno permite obtener un abono natural que se aprovecha para nutrir las plantas, lo que permite que éstas se desarrollen de mejor manera y que se obtengan mayores rendimientos. Además, el uso del Azotobacter permite reducir los costos de producción ya que no se necesitan fertilizantes químicos.
- Los agricultores deberían aplicar la dosis del 75% de azotobacter para el desarrollo del cultivo de maíz. Además, es importante seguir evaluando el impacto de la aplicación de azotobacter en el desarrollo del cultivo para confirmar su efectividad.
- Los agricultores deberían reemplazar el uso de urea en los cultivos de maíz puesto que el rendimiento presenta igualdad de condiciones en el crecimiento de la planta y del fruto, pero representa un menor coste y mejor rendimiento económico.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguirre-Medina, J., Iriza, G., Durán, P., Grageda, C., Peña Del Rio, M., Loreda, O., & Guerrero, B. (2009). *Los biofertilizantes microbianos alternativa para la agricultura en México*. México: INIFAP-SAGARPA.

Albán, M., Caviedes, G., & Zambrano, J. (octubre de 2021). *repositorio.iniap*. Obtenido de repositorio.iniap.gob.ec:
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5809/1/Producci%20de%20semilla%20a%20sica%20de%20ma%20adz.pdf>

Armenta-Bojórquez, A. G.-G.-B.-S.-M.-P. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. . *Ra Ximhai*, 51-56. .

Biari, A., Gholami, A., & Rahmani, H. (2008). Promoción del crecimiento y absorción mejorada de nutrientes del maíz (*Zea mays* L.) mediante la aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en la región árida de Irán. *Revista de Ciencias Biológicas*, 1015-1020. Obtenido de 10.3923/jbs.2008.1015.1020

BIOCULTIVOS. (2022). *Biocultivos agricultura sostenible*. Obtenido de <https://www.biocultivos.com.co/producto-dimazos/>

Bonilla, G., & Singaña, A. (2019). La Productividad Agrícola Más Allá Del Rendimiento Por Hectárea: Análisis De Los Cultivos De Arroz Y Maíz Duro En Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 29(1). Obtenido de

http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962019000100070&script=sci_arttext

Caballero-García, M., Córdova-Téllez, L., & Herrera, A. L. (2019). Validación Empírica De La Teoría Multicéntrica Del Origen Y Diversidad Del Maíz En México. *Rev. Fitotec. Mex*, 42(4), 357 - 366. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v42n4/0187-7380-rfm-42-04-00357.pdf>

Caffa, J., & De Bernardin, S. (2006). *El ciclo del nitrógeno: la fijación del nitrógeno*. Obtenido de https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/5_fijacion_del_nitro.pdf

Cárdenas, J. (12 de febrero de 2022). *rcnradio*. Obtenido de www.rcnradio.com: <https://www.rcnradio.com/colombia/preparacion-de-suelo-para-el-cultivo-de-maiz>

Caviedes, M. (2019). Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador: retos y oportunidades. *Avance de Ciencias e Ingeniería*, 11(17), 116-123. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100/1415>

Caviedes, M., Carvajal-Larenas, F., & Zambrano, J. (2022). Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1), 1-21. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/2588/3111?inline=1>

Coletto, J., Bartolomé, T., & Velázquez, R. (2017). *Historias de plantas iv: la historia*. Obtenido de <https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2017/2017-12-historias-de-plantas-iv-la-historia-del.pdf>

- Coral, J., Andrade, H., Pumisacho, M., Caicedo, J., & Salazar, D. (2019). Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la Parroquia Malchinguí. *Avances de Ciencia e Ingeniería*, 11(17), 40-49. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1091/1405>
- Corporación Financiera Nacional. (05 de 2021). *Ficha sectorial cultivo de maíz*. Obtenido de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Maiz.pdf>
- Deras, H. (2020). *Guía Técnica El cultivo del Maíz*. El Salvador: Red SICTA. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Egas, J. (2018). *Efecto De La Inoculación Con Azotobacter Sp. En El Crecimiento De Plantas Injertadas De Cacao (Theobroma Cacao), Genotipo Nacional, En La Provincia De Esmeraldas*. Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2307/1/CD-3051.pdf>
- Espín, G. (28 de abril de 2000). *med.se-todo*. Obtenido de med.se-todo.com: <https://med.se-todo.com/biolog/4715/index.html#:~:text=El%20g%C3%A9nero%20Azotobacter%20tambien%20puede%20clasificarse%20en%20la,ser%20m%C3%B3viles%20por%20la%20presencia%20de%20flagelos%20peritricos>.
- Gaitán, I., & García, E. (1998). *Prueba a nivel de campo y escalado a planta piloto del proceso*. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.

García, D. (2019). *Aislamiento y caracterización de cepas de Azotobacter spp. y el efecto de la sobreexpresión de los sRNA: RsmZ1 y RsmZ6 sobre la producción de alginato*. México: Benemérita Universidad Autónoma De Puebla. Obtenido de [https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/4820/849919TL.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20estrategias%20m%C3%A1s%20utilizadas%20para,medio%20\(s%C3%B3lido%20o%20l%C3%ADquido\)](https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/4820/849919TL.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20estrategias%20m%C3%A1s%20utilizadas%20para,medio%20(s%C3%B3lido%20o%20l%C3%ADquido))

García, D. (2019). *Aislamiento y caracterización de cepas de Azotobacter spp. y el efecto de la sobreexpresión de los sRNA: RsmZ1 y RsmZ6 sobre la producción de alginato*". México: Benemérita Universidad Autónoma De Puebla. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/4820/849919TL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gianella, E. (2019). *Caracterización de las variedades del maíz para el desarrollo de*. Loja - Ecuador: Universidad Técnica Particular De Loja. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/24572/1/España%20Pinta%20Gianella%20Alejandra%20.pdf>

González, J., & Lliuch, C. (1992). *Biología del Nitrógeno, Interacción* . Editorial Rueda.

Gonzales, Y. (2019). *Evaluación de un biofertilizante (Azotobacter y Rhizobium) para tarwi y frijol caupí como alternativa ambiental a la fertilización nitrogenada*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10602>

González, A. (1995). *El Maíz y su conservación*. México.

González, M. (2018). Evolucion del maíz (*zea mays* l.). *Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 50-58.

Guaña, M. (2019). *Determinación de Zonas Aptitudinales para los Cultivos de Maíz (zea mays), papa (solanum tuberosum) y Chocho (lupinus mutabilis), Mediante un Modelo Geográfico en la Parroquia de Alaquez, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, en el periodo 2018-2019*. Latacunga - Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6310/6/PC-000695.pdf>

Hernández, M., & Pacual. (2005). El uso de bacterias fijadoras de nitrógeno en Agricultura Ecológica. *Agricultura*, 184-187.

Hernández, R., & Fernandez, C. &. (s.f.).

Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.

Hoyos, G., & Ocampo, J. (2018). *Producción y consumo del maíz en Colombia, descripción de la cadena y propuesta de estrategias para un mejor desempeño de la misma*. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336225/20791754>

Huete, Y., Torres, J., & Dominguez, D. (2019). Comportamiento morfológico del Maíz inoculado con *Azotobacter chroococcum* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. *Avances*, 21(2), 1-9. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869113003/637869113003.pdf>

IMPOFOS. (s/f). *Requerimientos nutricionales de los cultivos*. Obtenido de [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/\\$FILE/AA%203.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/$FILE/AA%203.pdf)

INIAP. (2011). *Módulo IV Manejo Integrado del cultivo de maíz suave*.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2020). *Guía técnica: el cultivo de maíz*. El Salvador: IICA. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>

Kato, T., Sánchez, C., Mera, L., Serratos, J., & Bye, R. (2009). *Origen y diversificación del maíz*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/Origen_deMaiz.pdf

Larios, R., García, L., Ríos, M., Avalos, C., & Castro, J. (2020). Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. *revistadigital.uce.edu.ec*. Obtenido de https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2475/3874#content/contributor_reference_4

Leal, M., Melgarejo, L., Barriga, R., Morantes, J., Bejarano, N., & Ruiz, E. (2017). *Los biofertilizantes y su uso en cultivos: El maíz (Zea mays) como caso de estudio*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/342465630_Los_biofertilizantes_y_su_uso_en_cultivos_El_maiz_Zea_mays_como_caso_de_estudio

- León, L., & Rojas, L. (2015). Determinación del potencial promotor del crecimiento vegetal de *Azotobacter* spp. aislados de la rizósfera de malezas en cultivos de maíz (*Zea mays* L.). *Scientia Agropecuaria*, 247 – 257 (. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v6n4/a02v6n4.pdf>
- López, I., Villegas, J., & Sánchez, J. (2013). *Respuesta de maíz (Zea mays L) a la inoculación con Azotobacter vinelandi y Burkholderia vietnamiensis a dosis reducida de fertilizante nitrogenado*. México: Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Ed-B3 C.U., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Mujica S/N, Col. Felicitas.
- Maridueña, K. (2020). *Sistemas de producción del maíz (Zea mays), en el cantón*. Los Ríos – Ecuador: UTB. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8486/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000280.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, L., Aguilar, E., Carcaño, M., & Galdámez, J. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflora, Chiapas, México. *Scielo*, 5(1), 26-37. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v5n1/2477-8850-siembra-05-01-0003.pdf>
- Mayea, S. (1998). *Aplicaciones de la Microbiología Agropecuaria*. Cuba: Félix Varela.
- Medina, C. (octubre de 2019). *Idoc*. Obtenido de idoc.pub: <https://idoc.pub/documents/taxonomia-del-maiz-vlr0mvk5pjlz>

Medina, J., Gelacio, A., Soto, Jesús, & Hernández, M. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(21), 4306-4316.

Mero, L. (2021). *Efecto De Azotobacter En La Produccion De Mani (Arachis Hypogaea) Cantón Milagro, Parroquia Mariscal Sucre*. Milagro – Ecuador: Universidad Agraria Del Ecuador. Obtenido de <http://181.198.35.98/Archivos/MERO%20DAVID%20LADY%20JOHANNA.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Composición y caracterización de la Cadena*. Obtenido de Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales: <https://sioc.minagricultura.gov.co/AlimentosBalanceados/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales%20Ma%C3%ADz.pdf>

Mishutin, E., & Shilnikova, V. (1985). *Soil Biology and Biochemistry. Nitrogen fixation by free-living heterotrophic bacteria in an oak forest: The effect of liming*. United States.

Monge, P. (2011). *Modalidad Cuantitativa*. España.

Obando, M., Rivera, D., & Bonilla, R. (2013). Respuesta Fisiológica a la Fertilización por *Azotobacter chroococcum* AC1 y Fertilización Nitrogenada de Síntesis Sobre el Maíz (*Zea mays* L.) en Invernadero. *BioTecnología*, 17(1), 1-22. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259822211_Respuesta_Fisiologica_a_la_Fertilizacion_por_Azotobacter_chroococcum_AC1_y_Fertilizacion_Nitrogenada_de_Sintesis_Sobre_el_Maiz_Zea_mays_L_en_Invernadero

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma: FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>

Orneta, E. (2018). *Sistemas De Siembra En El Rendimiento De Maíz (Zea Mays L) Amiláceo Inia 618 Blanco Quispicanchi, En Condiciones Edafoclimáticas Del Distrito De Panao, Provincia Pachitea, Region Huanuco*. PERU: Universidad Nacional Hermilio Valdizan - Huanuco. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4380/TAG00766O69.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Parra, S. (07 de Julio de 2019). *Xacata ciencia*. Obtenido de www.xatakaciencia.com: <https://www.xatakaciencia.com/medio-ambiente/cultivo-maiz-contamina-aire-tal-punto-que-responsable-muerte-miles-personas-al-ano>

RCN Radio. (2020). *Preparación de Suelo Para el Cultivo de Maíz*. Obtenido de <https://www.rcnradio.com/colombia/preparacion-de-suelo-para-el-cultivo-de-maiz>

Remache, M., Carrillo², M., Mora, R., Durango, W., & Morales, F. (2017). Absorción De Macronutrientes Y Eficiencia Del N, En Híbrido Promisorio De Maíz. Patricia Pilar, Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 103-115. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v41n2/0377-9424-ac-41-02-103.pdf>

Rizobacter. (2021). *Fijación Biológica del Nitrógeno*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=t_yTan57djo

- Rodríguez, D. (17 de septiembre de 2020). *Investigación aplicada: características, definición, ejemplos*. Obtenido de Liferder: <https://www.liferder.com/investigacion-aplicada/>
- Rodríguez, J., Ríos, Y., & Baró, Y. (2016). Efectividad de cepas de *Azotobacter* sp. y *Bacillus* sp. para el control de especies fúngicas asociadas a hortalizas. *Cultivos tropicales*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000500002
- Rodríguez, V. (2001). *Eficiencia de Azotobacter chroococcum en la producción de posturas de Coffea arabica*. Habana.
- Rus, E. (10 de diciembre de 2020). *Investigación experimental*. Obtenido de Economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-experimental.html>
- Shireen, A., Wani, B., Shukla, P., Jain, S., Gaur, S., & Nayak, M. (2020). El uso de *Azotobacter* como un biofertilizante en el cultivo de maíz y su efecto en el rendimiento y la calidad. *Revista de Ciencias de la Agricultura y del Ambiente*.
- Sistemas de Información de Mercados; Red de Políticas Agropecuarias (REDPA); Consejo Agropecuario del Sur (CAS). (2014). *El mercado del maíz en los países del CAS*. Obtenido de http://consejocas.org/wp-content/uploads/2014/03/libro_maiz_cas.pdf
- Tapia, C., Paredes, N., Naranjo, E., Tacán, M., Monteros, A., Pérez, C., & Valverde, Y. (2017). Caracterización morfológica de la diversidad de razas de *Zea mays* en la Sierra norte de Ecuador. *Revista la Técnica*, 6(17), 6-17. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4856>

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), United Nations Statistical Office. (2020). Obtenido de <https://www.fao.org/common-pages/search/en/?q=produccion%20de%20maiz>

Toreto, E. (04 de mayo de 2006). *Avances en el manejo de los suelos y la nutrición orgánica*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura : http://www.laneta.apc.org/desal/spip/article.php3?id_article=29

Urango, A. (2018). *Algunos componentes generales, particulares y singulares del maíz en Colombia y México*. Colombia: UDA. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjXwNC93t75AhV0ZjABHQxrAYYQFnoECC0QAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.udea.edu.co%2Findex.php%2Fbiogenesis%2Farticle%2Fdownload%2F336229%2F20791758%2F161342&usg=AOvVaw2oPRMuo_aTfmEdZM9HuH

Varón, F., & Sarria, G. (2006). *Enfermedades del maíz y su manejo*. Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Obtenido de <https://www.fenalce.org/archivos/maiz.pdf>

Vásconez, L. (07 de noviembre de 2021). *elcomercio*. Obtenido de www.elcomercio.com: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/crisis-fertilizantes-produccion-alimentos-ecuador.html>

Vega, C., Santillán, C., Razquin, C., & Ogando, F. (2017). *El mismo maíz, un nuevo desafío*. Obtenido de <http://www.maizar.org.ar/documentos/el%20mismo%20maiz,%20un%20nuevo%20desafio.pdf>

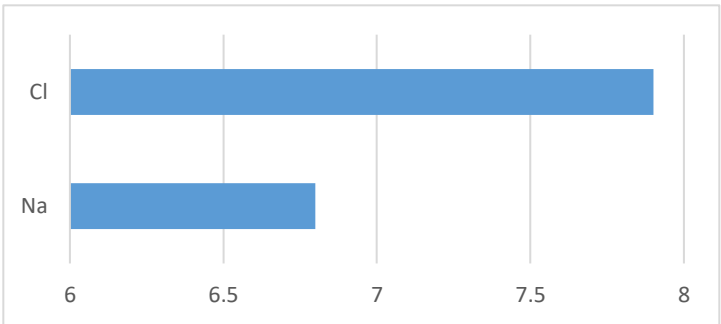
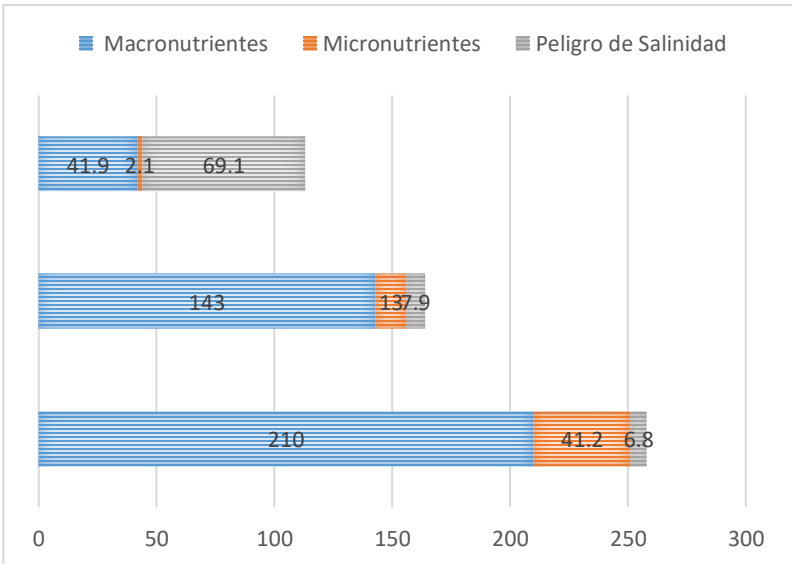
- Vélez, L., & Díaz, F. (25 de noviembre de 2015). *med.se-todo*. Obtenido de med.se-todo.com: <https://med.se-todo.com/biolog/4715/index.html#:~:text=El%20g%C3%A9nero%20Azotobacter%20tambien%20puede%20clasificarse%20en%20la,ser%20m%C3%B3viles%20por%20la%20presencia%20de%20flagelos%20peritricos>.
- Vera, J., & Cepeda, W. (2020). Efecto de 3 formas de fertilización en cultivo de Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA*, 12(1), 1-8. Obtenido de <https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/e750/866>
- Villadiego, J. (2020). *Alternativas de sostenibilidad ambiental*. Colombia: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8463/Biofertilización.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wang, Y., Zhu, Y., Zhang, S., & Wang, Y. (2018). *¿Qué podría promover que los agricultores reemplacen los fertilizantes químicos con fertilizantes orgánicos?* AGRIS.
- Wong-Villareal, A., & Caballero-Mellado, J. (2010). Rapid identification of nitrogen fixing and legume nodulating Burkholderia species based on PCR 16S RNA species-specific oligonucleotides. *Systematic and Applied Microbiology*, 35-43.
- Zambrano, J., Cartagena, Y., Carrillo, M., Sangoquiza, C., Durango, W., Parra, R., & Campaña, D. (2021). *Deficiencias nutricionales en maíz*. Obtenido de Programa Nacional de Maíz y Centro KOPIA-Ecuador:

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5812/1/Deficiencias%20nutricionales%20en%20el%20ma%C3%ACz.pdf>

ANEXOS

Anexo 1 análisis del suelo ANEXO

NUTRIENTE	VALOR	UNIDAD	INTERPRETACION
P	8,5	mg/kg	<p>(SO4-S)₃</p> <p>Ca 210</p> <p>Mg 41.9</p> <p>K 143</p> <p>P 8.5</p>
K	143	mg/kg	
Mg	41,9	mg/kg	
Ca	210	mg/kg	
(SO4-S)	2,3	mg/kg	
Fe	41,2	mg/kg	<p>B 0.28</p> <p>Zn 1.2</p> <p>Cu 2.1</p> <p>Mn 13</p> <p>Fe 41.2</p>
Mn	13,0	mg/kg	
Cu	2,1	mg/kg	
Zn	1,2	mg/kg	
B	0,28	mg/kg	
Na	6,8	mg/kg	

Cl	7,9	mg/kg	 <p>A horizontal bar chart with two bars. The y-axis labels are 'Cl' and 'Na'. The x-axis has numerical values 6, 6.5, 7, 7.5, and 8. The bar for 'Cl' extends to approximately 7.9, and the bar for 'Na' extends to approximately 6.8.</p>
Sales totales	69,1	mg/kg	 <p>A stacked horizontal bar chart with three bars. The legend at the top indicates: Macronutrientes (blue), Micronutrientes (orange), and Peligro de Salinidad (grey). The x-axis ranges from 0 to 300 with increments of 50. The bars represent the following values: <ul style="list-style-type: none"> Top bar: 41.9 (Macronutrientes), 2.1 (Micronutrientes), 69.1 (Total) Middle bar: 143 (Macronutrientes), 137.9 (Total) Bottom bar: 210 (Macronutrientes), 41.2 (Micronutrientes), 6.8 (Peligro de Salinidad), 258 (Total) </p>