



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO COMPLEMENTARIO DEL BIOFERTILIZANTE A
BASE DE *Bacillus polymyxa* EN DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ
(*Zea mays L.*) EN MILAGRO, GUAYAS**
TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AGRONOMO

AUTOR
TORRES MENDIETA RUTH ANABEL

TUTOR
MACIAS HERNÁNDEZ DAVID MSc.

MILAGRO – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, MACIAS HERNÁNDEZ DAVID MSc., docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EFECTO COMPLEMENTARIO DEL BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus polymyxa* EN DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN MILAGRO, GUAYAS, realizado por la estudiante TORRES MENDIETA RUTH ANABEL; con cédula de identidad N°0958259228 de la carrera INGENIERÍA AGRONÓMICA, Ciudad Universitaria “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Macías Hernández David, M.Sc
Firma del Tutor

Milagro, 15 de noviembre del 2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EFECTO COMPLEMENTARIO DEL BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus polymyxa* EN DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN MILAGRO, GUAYAS”, realizado por la estudiante TORRES MENDIETA RUTH ANABEL, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ph.D. GAVILÁNEZ LUNA FREDDY
PRESIDENTE

ING. TAPIA YÁNEZ LUIS, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. MARTÍNEZ CARRIEL TAYRON, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. MACIAS HERNÁNDEZ DAVID, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 15 de noviembre del 2022

Dedicatoria

Dedico el trabajo presente a Dios; a mis padres, Miguel y Angélica; y a mi familia.

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que hicieron posible que este trabajo se lleve a cabo, a mi director de tesis, David Macías Hernández MSc., por compartir conmigo sus conocimientos y guiarme en este último paso para mi titulación, agradezco también a quienes han estado de forma presente a lo largo de este proceso; a mi novio Jonathan y a mi mejor amiga Nicole, por ser incondicionales, ante todo, por confiar en mí y brindarme su apoyo de forma constante.

Y, por último, gracias a todos los docentes que he conocido a lo largo de estos cinco años de carrera, que con su esfuerzo y dedicación me han enseñado todo lo que he aprendido de mi carrera.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo TORRES MENDIETA RUTH ANABEL, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “EFECTO COMPLEMENTARIO DEL BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Bacillus polymyxa* EN DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN MILAGRO, GUAYAS” para optar el título de INGENIERO AGRONOMO, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

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

Milagro, 15 de noviembre del 2022

FIRMA

TORRES MENDIETA RUTH ANABEL
C.I. 0958259228

Índice

| | |
|---|----|
| PORTADA..... | 1 |
| APROBACIÓN DEL TUTOR | 2 |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN | 3 |
| Dedicatoria..... | 2 |
| Agradecimiento | 5 |
| Autorización de Autoría Intelectual | 6 |
| Índice..... | 7 |
| Índice de tablas | 11 |
| Índice de figuras..... | 12 |
| Resumen | 13 |
| Abstrat..... | 14 |
| 1. Introducción | 15 |
| 1.1 Antecedentes del problema | 15 |
| 1.2 Planteamiento y formulación del problema..... | 16 |
| 1.2.1 Planteamiento del problema..... | 16 |
| 1.2.2 Formulación del problema..... | 17 |
| 1.3 Justificación de la investigación | 17 |
| 1.4 Delimitación de la investigación..... | 18 |
| 1.5 Objetivos | 18 |
| 1.5.1 Objetivo general | 18 |
| 1.5.2 Objetivos específicos..... | 18 |

| | |
|---|----|
| 1.6 Hipótesis..... | 18 |
| 2. Marco teórico | 19 |
| 2.1 Estado del arte | 19 |
| 2.2 Bases teóricas..... | 20 |
| 2.2.1 Origen del maíz..... | 20 |
| 2.2.2 Cultivo de maíz en Ecuador..... | 21 |
| 2.2.3 Taxonomía del maíz | 23 |
| 2.2.4 Características botánicas del maíz | 24 |
| 2.2.4.1 Raíz..... | 24 |
| 2.2.4.2 Tallo..... | 24 |
| 2.2.4.3 Hoja | 24 |
| 2.2.4.4 Inflorescencia | 24 |
| 2.2.4.5 Grano | 25 |
| 2.2.5 Manejo cultural del cultivo de maíz | 25 |
| 2.2.5.1 Preparación de suelo..... | 25 |
| 2.2.5.2 Siembra..... | 26 |
| 2.2.5.3 Maleza | 27 |
| 2.2.5.4 Plagas | 27 |
| 2.2.5.5 Riego | 28 |
| 2.2.6 Fertilización..... | 28 |
| 2.2.6.1 Tipos de fertilizantes | 30 |
| 2.2.7 Bacteria <i>Bacillus polymyxa</i> | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.8 Marco legal..... | 32 |
| 3. Materiales y métodos..... | 36 |
| 3.1 Enfoque de la investigación..... | 36 |
| 3.1.1 Tipo de investigación | 36 |
| 3.1.2 Diseño de investigación..... | 37 |
| 3.2 Metodología..... | 37 |
| 3.2.1 Variables..... | 37 |
| 3.2.1.1 Variable independiente | 37 |
| 3.2.1.2 Variables dependientes | 37 |
| 3.2.2 Tratamientos | 38 |
| 3.2.3 Diseño experimental | 39 |
| 3.2.4 Recolección de datos..... | 40 |
| 3.2.4.1 Recursos..... | 40 |
| 3.2.4.2 Métodos y técnicas | 40 |
| 3.2.5 Análisis estadístico | 41 |
| 3.2.6 Delimitación del ensayo..... | 42 |
| 3.2.6.1 Preparación del suelo | 42 |
| 3.2.6.2 Siembra..... | 42 |
| 3.2.6.3 Riego | 42 |
| 3.2.6.4 Control de plagas y enfermedades..... | 42 |
| 3.2.6.5 Fertilización y aplicación de la bacteria..... | 43 |
| 3.2.6.6 Cosecha | 43 |

| | |
|---|-----------|
| 4. Resultados..... | 44 |
| 4.1 Altura de la planta..... | 44 |
| 4.2 Diámetro de la mazorca..... | 45 |
| 4.3 Longitud de la mazorca..... | 46 |
| 4.4 Peso de 100 granos | 47 |
| 4.5 Rendimiento | 48 |
| 4.6 Utilidad económica | 49 |
| 5. Discusión..... | 50 |
| 6. Conclusiones | 52 |
| 7. Recomendaciones | 53 |
| 8. Bibliografía | 54 |
| 9. Anexos..... | 62 |
| 9.1 Anexo de dimensiones experimental..... | 62 |
| 9.2 Anexo de resultados estadísticos | 63 |
| 9.3 Anexo Fotográfico | 67 |

Índice de tablas

| | |
|--|-----------|
| Tabla 1. Taxonomía del maíz..... | 23 |
| Tabla 2. Descripción de tratamientos..... | 38 |
| Tabla 3. Descripción de unidades experimentales | 39 |
| Tabla 4. Modelo de análisis de varianza | 41 |
| Tabla 5. Altura de planta..... | 44 |
| Tabla 6. Diámetro de la mazorca..... | 45 |
| Tabla 7. Longitud de la mazorca..... | 46 |
| Tabla 8. Peso de 100 granos | 47 |
| Tabla 9. Rendimiento | 48 |
| Tabla 10. Análisis económico del cultivo..... | 49 |
| Tabla 13. Estadístico de altura de planta (cm)..... | 63 |
| Tabla 14. Estadístico de diámetro de mazorca (cm) | 63 |
| Tabla 15. Estadístico de longitud de mazorca (cm) | 64 |
| Tabla 16. Estadístico de peso de 100 granos (g)..... | 64 |
| Tabla 17. Estadístico de Rendimiento (kg/ha) | 65 |
| Tabla 16. Análisis económico del cultivo..... | 66 |

Índice de figuras

| | |
|--|-----------|
| Figura 1. Distribución de tratamientos..... | 62 |
| Figura 2. Unidad experimental..... | 62 |
| Figura 3. Aplicación preemergente en preparación de terreno | 67 |
| Figura 4. Riego en la preparación de terreno | 67 |
| Figura 5. Planta de maíz variedad Trueno..... | 68 |
| Figura 6. Producto comercial en base a <i>B. polymyxa</i> | 68 |
| Figura 7. Aplicación de tratamiento | 69 |
| Figura 8. Cultivo de maíz..... | 69 |
| Figura 9. Visita de docente guía | 70 |
| Figura 10. Docente guía..... | 70 |
| Figura 11. Toma de altura de la planta..... | 71 |
| Figura 12. Medición de longitud de mazorca..... | 71 |
| Figura 13. Medición de diámetro de mazorca..... | 72 |
| Figura 14. Peso de 100 granos..... | 72 |
| Figura 15. Cultivo experimental | 73 |

Resumen

El maíz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, este sirve de alimento para el ser humano y para varias especies animales de granja, por lo que su cultivo y producción es de vital importancia para la sostenibilidad agropecuaria mundial. Este trabajo de investigación se realizó en el recinto “El Guarumo” vía Mariscal Sucre, cantón Milagro de la provincia del Guayas y conto con una duración de 6 meses. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto complementario del biofertilizante a base de *Bacillus polymyxa* en dos híbridos de maíz (*Zea mays L.*). Para esto, se implementó un diseño de bloques completamente al azar conformado por cuatro tratamientos valorados a través de cinco repeticiones. Los híbridos empleados fueron Trueno NB 7443 y Advanta 9313, y los tratamientos en estudio corresponden a estos híbridos con y sin la enmienda biofertilizante *Bacillus polymyxa*. Entre las variables agronómicas y productivas analizadas en este trabajo sr tuvo a la altura de la planta, la longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso de 100 granos secos y el rendimiento. Como complemento se realizó un análisis económico del ensayo para determinar la relación beneficio costo de cada tratamiento. Los resultados presentaron diferencias significativas y se determinó que *Bacillus polymyxa* promueve el desarrollo de las variables agronómicas y productivas del maíz. Se recomendó sembrar el hibrido Advanta 9313 en la densidad de siembra planteada en esta investigación para obtener altos rendimientos.

Palabras clave: *Bacillus polymyxa*, biofertilizante, híbridos, maíz, productividad.

Abstract

Corn is one of the most important cereals worldwide, it serves as food for humans and for several farm animal species, so its cultivation and production is of vital importance for global agricultural sustainability. This research work was carried out in the "El Guarumo" area via Mariscal Sucre, Milagro canton of the province of Guayas and lasted 6 months. The main objective of this work was to evaluate the complementary effect of the biofertilizer based on *Bacillus polymyxa* on two corn hybrids (*Zea mays* L.). For this purpose, a completely randomized block design was implemented, consisting of four treatments with five replications. The hybrids used were Trueno NB 7443+ *B. polymyxa* and Advanta 9313+ *B. polymyxa* and the treatments under study corresponded to these hybrids with and without the biofertilizer amendment *Bacillus polymyxa*. The agronomic and productive variables analyzed in this work were plant height, ear length, ear diameter, weight of 100 dry grains and yield. As a complement, an economic analysis of the trial was carried out to determine the benefit-cost ratio of each treatment. The results showed significant differences and it was determined that *Bacillus polymyxa* promotes the development of agronomic and productive variables of corn. It was recommended to plant the Advanta 9313 hybrid at the planting density proposed in this research to obtain high yields.

Key words: *Bacillus polymyxa*, Biofertilizer, hybrids, corn, productivity.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

La producción de alimentos es un gran desafío que presenta la humanidad, así como los efectos que dicha actividad genera sobre el ambiente y la salud humana. Referente a lo anterior, la agricultura como sistema de producción principal para la obtención de los alimentos para abastecer la población que habita el mundo entero ha sufrido un gran número de transformaciones que la han convertido en una práctica que atenta contra la estabilidad ecológica del planeta (Parra, 2016).

Pavón, (2006), indica que el cultivo de maíz en el tiempo ha desarrollado algunas transformaciones, con lo cual se estima que uno de sus ancestros podría ser el teosinte o también llamado teocintle, además afirma que el origen y domesticación del maíz actual forman hoy en día parte de una discusión, ya que existen teorías distintas acerca del tema. Estableciendo también que la teoría con más peso actualmente indica que el maíz proviene de una planta silvestre llamada teosinte (*Zea mexicana*), que se desarrolló de forma espontánea en México, Guatemala y Honduras. Además, indica, que respaldando esta teoría existen pruebas arqueológicas y genéticas, estas muestran que el teosinte, en un intervalo de tiempo puede variar entre 8 y 15 mil años, considerado el antecesor directo del maíz moderno y que su evolución fue gracias a la selección realizada por el hombre.

La región andina es uno de los orígenes de la agricultura. Algunas sociedades andinas crearon los sistemas productivos, con lo cual domesticaron una gran cantidad de cultivos que fueron la base de su dieta. Aunque en Sur América no se domesticó el maíz, este cultivo fue introducido tempranamente en el mundo andino y desde entonces ha sido mejorado con el paso de los años (Asturias, 2004).

En América Latina y el Caribe, el maíz es una gramínea de gran relevancia, siendo exportado y consumido por todo el mundo. También representa un importante valor monetario, no solo para Ecuador, sino para varios países vecinos (FarmAgro, 2018).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La utilización indiscriminada de químicos para la fertilización en cultivos de maíz se ha convertido en una verdadera problemática, ya que al emplear fertilizantes en el cultivo y en distintas formas de absorción para la planta, se está generando un exceso de recurso económico y contaminación al suelo, si la aplicación es edáfica y al aire si ésta es de forma foliar.

En tierras agrícolas, el nitrógeno se encuentra principalmente como nitrato y los nitratos no se retienen fuertemente al suelo, sino que presentan alta movilidad a través del flujo de agua. En consecuencia, es común que los nitratos se muevan en profundidad con el agua de drenaje, las cuales se encuentran con altas concentraciones de nitratos, lo que representa un riesgo para la salud, especialmente en recién nacidos, esto puede llegar a causar el “síndrome del bebé azul” o metahemoglobinemia, que inhibe el transporte de oxígeno en la sangre, pudiendo incluso causar la muerte.

La presencia de nitratos en el agua subterránea no puede olerse ni sentirse, y en algunos casos recién se pone de manifiesto ante un problema de salud. Muchos residentes rurales dependen de los acuíferos superficiales para abastecerse de agua. La calidad de estas aguas con nitratos, en la mayoría de los casos no se monitorea con frecuencia, provocando de forma inconsciente las enfermedades ya mencionadas, afectando a la salud de quienes ingieren el líquido vital contaminado.

1.2.2 Formulación del problema

¿Qué efectos se producirán en dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) la aplicación de la bacteria *Bacillus polymyxa* como fijadora de nitrógeno?

1.3 Justificación de la investigación

La agricultura sostenible debe garantizar la seguridad alimentaria en el mundo y de igual manera promover ecosistemas saludables y apoyar la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales.

Un manejo sostenible de los agroecosistemas es una equilibrada combinación de tecnologías, políticas y actividades, establecida en principios económicos y consideraciones ecológicas, con el objetivo de mantener o incrementar la producción agrícola en los niveles necesarios para satisfacer las crecientes necesidades y aspiraciones de la población mundial en aumento, pero sin degradar el ambiente.

Por otro lado, la deficiencia del nitrógeno en plantas de maíz se ve reflejado en su crecimiento, ya que se presenta escaso y ralo, desarrollando hojas de color verde pálido, mientras que en las hojas más viejas se puede llegar a producir necrosis en el área basal.

En el cultivo de maíz se necesitan importantes cantidades de nitrógeno ya que maximiza el crecimiento en materia seca y cosecha. Las aplicaciones de este macronutriente de forma fraccionada funcionan mejor, sobre todo en suelos ligeros, para mantener una buena disponibilidad del mismo, es por eso que se usará al *Bacillus polymyxa* como una bacteria fijadora de nitrógeno. Mientras que el exceso del macronutriente en etapas tardías puede resultar en encamado y crecimiento tardío abundante.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Recinto “El Guarumo” vía Mariscal Sucre, cantón Milagro, provincia del Guayas.
- **Tiempo:** seis meses

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto complementario del biofertilizante a base de *Bacillus polymyxa* en dos híbridos de maíz (*Zea mays L.*) en Milagro, Guayas.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto complementario de *Bacillus polymyxa* sobre las variables agronómicas y productivas de los híbridos en estudio.
- Verificar el incremento del rendimiento del grano mediante comparaciones entre los tratamientos planteados.
- Realizar un análisis económico mediante la relación beneficio/costo.

1.6 Hipótesis

Con la aplicación del bioestimulante *Bacillus polymyxa* como fijadora de nitrógeno en los híbridos de maíz ADVANTA 9313 y trueno NB 7443, se producirá un mayor rendimiento, tanto en sus características morfológicas como en el beneficio económico producido.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Se realizó un ensayo titulado “Validación de un Bio fertilizante orgánico (*Paenibacillus polymyxa*) como fijador de nitrógeno en cultivo de maíz (*Zea mays* L)”, el cual se realizó en la Hacienda San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi. El principal objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la fertilización en base a *Paenibacillus polymyxa* en un cultivo de maíz. Para esto, se empleó un diseño de bloques completos al azar D.B.C.A conformado por tres tratamientos y un testigo absoluto. Las variables analizadas fueron: tiempo de germinación, altura de la planta, grosor de tallo, días a la floración, número de mazorcas, peso de mazorca, largo del choclo, número de granos, rendimiento y costos del ensayo. Los resultados indican que los tratamientos no difieren estadísticamente, es decir; no se encontró diferencias altamente significativas en esta evaluación. El tratamiento T4 registro los valores más altos en altura de la planta con 217,20 cm; largo de la mazorca 17,93 cm; un rendimiento de 11038 kg/ha y un beneficio costo de 0,33 (Guaitarilla, 2018).

Rojas y Tejera (2017) realizaron un ensayo con la finalidad de aislar y seleccionar las bacterias del género *Bacillus* que se asocien con el crecimiento del maíz (*Zea mays* L.). Se realizó el aislamiento de bacterias de este género como endófitos como rizosféricos, del cultivo del maíz. Estas bacterias probaron tener la capacidad de fijación biológica del nitrógeno y de formar biopelículas. Los resultados muestran que, de 19 aislados, todos producen ácido indolacético y fijan nitrógeno atmosférico.

Jeon et al. (2020) menciona que la “*P. polymyxa* se ha utilizado con frecuencia como agente de control biológico (BCA) a nivel mundial debido a su competencia en la rizosfera y su tolerancia a las duras condiciones ambientales” (pág. 2)

Es una bacteria ha demostrado que controla una variedad de enfermedades de las plantas y promueve su crecimiento; polvo humectable de *P. polymyxa* este pesticida se registró en China en 2004 como el primer pesticida microbiano basado en *Paenibacillus* para controlar la marchitez bacteriana de plantas en todo el mundo (Luo, Yi, Shang, Cheng, y Tan, 2019, pág. 9644).

En un estudio realizado por Mazurenko, Novytska, y Honchar (2020) menciona que “el uso de bacterias fijadoras de nitrógeno y movilizadoras de fosfato puede aumentar la productividad del triticale de primavera y su resistencia a los factores abióticos” (pág. 763).

“Es un potente agente de control biológico, las cepas de *Polymyxa* también son ampliamente conocidas por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, solubilizar fosfato y producir fitohormonas; por tanto, podrían utilizarse como biofertilizantes eficaces en la agricultura comercial” (Preet Padda, Puri, y Chanway, 2017).

“Son moléculas anfipáticas tensioactivas que albergan restos tanto lipofóbicos como lipofílicos. El mecanismo descrito es el desplazamiento competitivo de cationes divalentes de los grupos fosfato de los lípidos de la membrana, lo que conduce a la ruptura de la membrana celular externa y citoplasmática, la fuga de contenido intracelular y la muerte bacteriana” (Satlin y Jenkins, 2017).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen del maíz

Según Coral (2017) la precisión del inicio del maíz actual (*Zea mays L.*) es un tema que no ha llegado a aclararse por completo. Se han concebido dos conceptos distintos con relación a su origen. También menciona que una de esas es más amplia y sitúa su origen en una transformación del *Teocintle* (*Zea mays L. ssp.*

mexicana) y el género *Tripsacum* (*Zea mexicana Schrader Kuntze*), que posiblemente sea el más cercano al maíz.

Por su parte Acosta menciona que el origen del maíz se dio en una zona determinada del país de México, de donde se desarrolló algunas variedades las cuales emigraron hacia otros lugares de América. Esta es solo una hipótesis aceptada por unos investigadores; sin embargo, es innegable el origen americano del maíz. Fuera de los americanos, fue descubierto y documentado por primera vez por Cristóbal Colon quien lo conoció en la isla de Cuba (Acosta, 2009).

El cultivo de maíz es uno de los más importantes en el Ecuador por el significativo rol que cumple en seguridad alimentaria de la población. El maíz amarillo duro, se produce mayoritariamente en la región litoral y es un cultivo transitorio en importancia en relación con la superficie sembrada. Su producción y rendimiento ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos 20 años, lo cual se debe al uso de semilla certificada (híbrida) y a las tecnologías de manejo que las compañías privadas, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Iniap han transferido a los productores (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2019).

2.2.2 Cultivo de maíz en Ecuador

El maíz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, pues se constituye como una fuente de alimento tanto para personas como para animales de granja. Del maíz, se derivan varios productos industrializados tanto para la gastronomía nacional como para la alimentación de animales. En nuestro país, el maíz se constituye como un cultivo tradicional que ha logrado ser de los más importantes en varias zonas de las regiones Costa y Sierra. La evolución del cultivo de maíz en Ecuador ha progresado a través de los años, ya que, se cuenta con nuevos híbridos y tecnología agrícola que potencializa al máximo los rendimientos

de los cultivos, con el fin de incrementarlos lo máximo posible (Guamán, Desiderio, Villavicencio, Ulloa y Romero, 2020).

En el Ecuador, el cultivo de maíz se realiza bajo dos métodos. El primer método es el tradicional y es el más común entre los agricultores pequeños, consiste en el cultivar del maíz sin uso de tecnologías más que la tradicional; el segundo método se da bajo niveles tecnificados de control y es empleado en grandes extensiones de cultivos de maíz. El método tecnificado produce mayores rendimientos que el método tradicional. Las condiciones medioambientales y edafoclimáticas también influyen en la producción del maíz. En cuanto al precio, este depende de la oferta y demanda en el mercado, existiendo épocas en donde el precio de venta sube y otras en las cuales baja (González y Díaz, 2008).

Una de las principales regiones productoras de maíz duro en el Ecuador es la región Litoral o Costa, en la cual sobresale el área de producción en las provincias Manabí, Los Ríos y Guayas. Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador (2020), la superficie cultivada de maíz para el año 2020 fue de 255.376 hectáreas de maíz duro para la venta en grano seco, en este mismo año se obtuvo una producción de 1'513.635 toneladas (MAGAP, 2020).

La productividad de maíz, según los registros gubernamentales, incrementa cada año, teniendo importantes aumentos en cuanto a los rendimientos alcanzados en las distintas provincias del Ecuador. Este aumento en la productividad se debe principalmente al uso de nuevo Híbridos de maíz que poseen un alto potencial de rendimiento. Otro motivo de los incrementos de producción de este cereal es la aplicación de nuevas tecnologías agrícolas, uso de biofertilizantes, activadores de suelo a base de microorganismos, que se comercializan a bajo costo y mejoran la

estructura del suelo, permitiendo mejorar en cierta medida la producción del cultivo (Zambrano y Andrade, 2021).

La producción de maíz amarillo duro está destinada a un 20% la alimentación humana; distribuida en el uso directo del choclo o un derivado procesado, y el 80% de la producción está destinada a la elaboración de productos balanceados. Los balanceados son empleados en la alimentación de ganado (Hernández J. , 2019).

El cultivo de maíz constituye una fuente importante de ingresos económicos para las familias de pequeños y medianos agricultores. La mayoría de los cultivos desarrollado por pequeños agricultores es trabajada de forma familiar, por ende, los ingresos son netamente para los gastos familiares. Así mismo, este cultivo se constituye como fuente de alimentación animal y humana (Amparo, Molina, y Montenegro, 2007).

2.2.3 Taxonomía del maíz

Según Gaucho (2014), taxonómicamente el maíz se clasifica de la siguiente forma:

Tabla 1. Taxonomía del maíz

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Reino | Vegetal |
| Subreino | <i>Embriobionta</i> |
| División | <i>Angiospermae</i> |
| Clase | <i>Monocotyledoneae</i> |
| Orden | <i>Poales</i> |
| Familia | <i>Poaceae</i> |
| Género | <i>Zea</i> |
| Especie | <i>Mays</i> |
| Nombre científico | <i>Zea mays</i> |

Fuente: Gaucho, 2014

Elaborado: Torres, 2022

2.2.4 Características botánicas del maíz

2.2.4.1 Raíz

Son fasciculadas y su trabajo es contribuir un perfecto anclaje a la planta. De vez en cuando sobresalen unos nudos de las raíces a la superficie del suelo y suele acontecer en aquellas raíces secundarias o adventicias (Gaucho Abarca, 2014).

2.2.4.2 Tallo

Ortas (2008) indica que el tallo posee un aspecto de caña, con los entrenudos rellenos de un centro esponjoso, erecto, sin ramificaciones y de gran longitud logrando conseguir los 4 metros de altura.

El tallo de la planta de maíz es una caña delgada y alargada que puede ser de longitud variable dependiendo las condiciones ambientales y la variedad de la planta. El tallo está formado por nudos y entrenudos muy macizos, los cuales pueden ser variables en cuanto a la cantidad presente en el tallo de cada planta, y como característica principal de cada nudo es un punto de inserción de una hoja, que aparecen de forma sucesiva a lo largo de todo el tallo (Sandal, 2014).

2.2.4.3 Hoja

La hoja de maíz posee tres partes primordiales: el cuerpo, la vaina y el cuello. Con referencia a lo anterior, se define que el cuerpo es la parte plana de la hoja que obstruye la luz solar; la vaina es la parte que recubre alrededor del tallo; y el cuello es la línea de separación entre el cuerpo y la vaina, normalmente con una curva definida (Endicott, y otros, 2016).

2.2.4.4 Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. Referente a la inflorescencia masculina muestra una panícula de coloración amarilla que tiene una porción bastante alta de

polen, obteniendo de 20 a 25 millones de granos de polen. Además, indica que, la inflorescencia femenina marca un menor contenido de polen, teniendo de 800 a 1000 granos de polen, formándose ahí estructuras vegetativas llamadas espádices, las cuales poseen forma lateral (Izquierdo Bonilla , 2012).

2.2.4.5 Grano

Cada grano de la mazorca (fruto) se denomina cariósipide. El pericarpio está fusionado con la testa de la semilla estableciendo la pared del grano. El grano maduro consta de pared, embrión diploide y endosperma triploide. De igual manera se manifiesta que el pericarpio compone alrededor del 5 a 6% de peso total del grano, la aleurona en torno al 2 o 3%, el embrión alrededor del 12-13%, y el endospermo, siendo el mayoritario, posee unos valores en torno al 80-85%. El resto lo constituye la piloriza que es una pequeña estructura cónica destinada junto con el pedicelo de adherir el grano a la espiga (Sánchez Ortega, 2014).

La contextura, forma y color del grano de maíz depende de la variedad de la planta. Existe varias variaciones del maíz original y además se ha realizado bajo condiciones de laboratorios varios híbridos de maíz, que son más resistentes a ciertas condiciones o presentan un mayor rendimiento. La variación de las distintos tipos o razas corresponden a una clasificación utilitaria y no botánica (Gear, 2006).

2.2.5 Manejo cultural del cultivo de maíz

2.2.5.1 Preparación de suelo

La preparación de suelo es una actividad fundamental y primordial en el establecimiento de cualquier tipo de cultivo. Mediante ella se mantiene un terreno libre de materia vegetal y una contextura floja óptima para el enraizamiento rápido de cualquier planta que se siembre. Esta actividad consiste en arar el suelo a una determinada profundidad removiendo y mezclando materia orgánica y demás

elementos que proliferan en la superficie terrestre incorporándolos de forma homogénea. Existe dos formas de arar, la una es mediante la forma convencional con uso de maquinaria y la otra de labranza de conservación de suelo en donde se realiza de forma manual sin empleo de maquinaria agrícola (Cruz, 2017).

2.2.5.2 Siembra

La siembra de maíz se realiza en dos épocas, en época seca y época lluviosa; teniendo en cuenta en que época seca se debe de contar con un bien sistema de riego y en época lluviosa se debe contar con un buen sistema de drenaje. Los métodos de siembra pueden ser manual o mecanizada. El método manual consiste en realizar con la ayuda de un espeque un pequeño hoyo en el cual se deposita una o dos semillas de maíz; este método sirve para cualquier tipo de terreno en especial aquellos con más del 20% de pendiente. El método mecánico consiste la siembra con ayuda de maquinaria agrícola de precisión, este método se emplea en terrenos como una topografía semiplana con pendientes menores al 20% y generalmente se emplea para sembrar grandes extensiones (Deras y Héctor, 2015).

La siembra también se puede dar por el método de trasplante para el cual, el productor elabora un semillero sobre una cama sobre la cual se coloca la semilla y en la edad adecuada es puesta en el terreno final. Este método se emplea principalmente para mejorar la población o densidad de maíz en el cultivo ya que con la siembra directa suele haber fallas debido al ataque de plagas o aves a las semillas sembradas. Con este método la semilla germina bajo control y luego es colocada en el terreno destinado para el cultivo (Marcano y Landínez, 1997).

2.2.5.3 Maleza

El manejo adecuado del cultivo de maíz se basa en la integración coordinada de distintos parámetros ligados a la producción, por lo que el mal manejo de uno de los podría llegar afectar el cultivo. Uno de estos parámetros es el control de malezas. El mal manejo de maleza puede llegar a ocasionar graves daños generando principalmente pérdidas de las cuales se produce de dos maneras: pérdidas directas que son ocasionadas por la competencia de malezas hacia la planta de maíz y las pérdidas indirectas que afectan el proceso de cosecha en el cual se disminuye un 3% del rendimiento del cultivo (Eyhérbide, 2015).

La siembra directa es una de las prácticas de sistema agrícola conservacionista que reduce el impacto ambiental. Este tipo de siembra generalmente se lo realiza sobre cobertura vegetal, para lo cual después de la siembra de debe realizar un manejo de maleza. En este tipo de agricultura el manejo de arvenses se realiza de forma conservacionista, es decir, se emplea agentes biológicos o lo más frecuente es eliminar las malezas de forma manual (García y Mejía, 2005).

Las arvenses son especies vegetales que conviven con los diferentes cultivos, siendo un problema en todos ellos. En el cultivo de maíz, la maleza constituye un problema económico y su manejo es considerado una actividad fundamental para la producción del cultivo. Las malas hierbas compiten por agua, macronutrientes y micronutrientes, además, que albergan varias especies que son consideradas plagas para el maíz (Blanco, 2010).

2.2.5.4 Plagas

Una de las principales plagas del cultivo de maíz en la región Costa, es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el cual ataca a la planta de maíz desde una etapa temprana de crecimiento y afecta en gravedad al cultivo si no es controlado

adecuadamente y a tiempo. La presencia de esta plaga ha logrado disminuir significativamente los rendimientos en determinadas provincias, para lo cual el MAGAP intervino en una campaña de eliminación de plagas, debido a que esta plaga estaba afectando la producción nacional y poniendo en riesgo el rubro económico de este cultivo a nivel nacional (Guillín, Carmigniani, y Zambrano, 2020).

2.2.5.5 Riego

El contenido de agua presente en el suelo resulta indispensable para la producción agrícola del cultivo de maíz. La cantidad de agua presente o disponible para la planta determina el rendimiento de esta. El agua aporta a la realización de varios procesos físicos químicos que se desarrollan en el suelo y afectan a las plantas de una u otra manera. Cuando no se dispone de precipitaciones que mantengan la cantidad necesaria de agua presente en el suelo se debe de realizar un riego de forma artificial para cumplir con ello (Della, Irigoyen, Gardiol, Caviglia, y Echarte, 2016).

2.2.6 Fertilización

Fertilizar es la aportación de nutrientes que la planta necesita para que sea plenamente productiva en cantidad y en calidad, es decir, es mejorar la falta de micronutrientes para aumentar la producción de los cultivos. Por lo cual, los fertilizantes deben aplicarse atendiendo a las necesidades reales de la planta, en las dosis adecuadas, en el momento oportuno, y de la forma más efectiva, de esa manera se obtienen muy buenos resultados (Traxco, 2015).

El nitrógeno (N) es uno de los principales nutrientes que se debe suministrar a la planta de maíz, pues, el rendimiento del cultivo está relacionado con la cantidad de nutriente disponible para el cultivo de maíz. La cantidad de nitrógeno debe ser equilibrada, no se debe de presentar ni en exceso ni escasez en el cultivo para

poder obtener buenas producciones. Otro factor importante en la fertilización nitrogenada del maíz es la capacidad del suelo en suministrar el elemento a la planta, ya que esta influye significativamente en el aprovechamiento y respuesta del maíz a la fertilización (Rivera, 2020).

El cultivo de maíz es especialmente sensible a la falta de nutrientes y variaciones de fertilidad del suelo, por ello, es totalmente necesario la aplicación de abonos orgánicos, fertilizantes químicos; siempre y cuando estos se apliquen bajo un análisis de suelo. El rendimiento del cultivo depende enteramente del manejo eficiente de la fertilización o nutrición del cultivo (Guerreño, López, y Gonzalez, 2019).

Es necesario para la planta de maíz contar con un porcentaje de materia orgánica en el suelo como parte de la nutrición del cultivo. El porcentaje de MO presente debe de ser no menor al 4,72% ya que esto es necesario para la asimilación de nutrientes. Así mismo, requiere de nitrógeno presente de forma natural en un 0,172% como mínimo; un pH de 6,2 facilitara la captación de minerales presentes en el suelo que permite desarrollar de forma óptima a la planta de maíz (García F. , 2008).

Se debe tener en cuenta que, debido a las diferentes variedades de híbridos, alteraciones a la actividad biológica del suelo, aplicación de grandes cantidades de nitrógeno y fosforo; se producen alteraciones en los procesos biológicos, químicos y geológicos del suelo. Por ello, es indispensable realizar un análisis de suelo para constatar la proporción nutricional del terreno. Además, se debe considerar que el zinc es un elemento muy necesario en la producción de maíz, y algunos suelos cuentan con carencia de este elemento o los agricultores se preocupan de aplicar

nitrógeno y descuidan demás elementos esenciales para el maíz (Ratto y Miguez, 2017).

El nitrógeno es el principal elemento que aporta el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz. Es uno de los elementos de mayor importancia y por ende el más estudiado debido a su movilidad dentro del suelo. Sin embargo, también se ha estudiado el efecto de otros macronutrientes (N, P, K, Mg, S) actuando en conjunto para la producción del maíz (Caviedes y Zambrano, 2022).

2.2.6.1 Tipos de fertilizantes

2.2.6.1.1 Fertilizantes orgánicos

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, las cuales se incorporan al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados.

Esta clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retención de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas (Borrero, 2010).

El empleo de biopreparados en base a microorganismos litosféricos o bacterias benéficas, se ha constituido en una alternativa al uso de fertilizantes químicos. Este tipo de fertilizante orgánicos constituyen un papel importante dentro de la agricultura sostenible (Hernández, Caballero, Pazos, y Ramírez, 2003).

2.2.6.1.2 Fertilizantes inorgánicos

Estos son compuestos que no se derivan de plantas o animales y proporcionan los mismos compuestos que los fertilizantes orgánicos. Los abonos inorgánicos suministran al suelo los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

Los químicos crean sustancias en los laboratorios que imitan a sustancias de origen natural, además, los abonos inorgánicos a menudo son menos caros que los compuestos orgánicos, pueden ofrecer nutrientes más concentrados que se disuelven rápidamente en el suelo. El abono inorgánico funcionará enriqueciendo el suelo de inmediato, ya que no se necesita tiempo para su descomposición con el fin de proveer nutrientes (Myers, 2021).

2.2.7 Bacteria *Bacillus polymyxa*

En el estudio realizado por Pichard, Larue, y Thouvenot (1995) se menciona que:

La bacteria *Bacillus polymyxa* es capaz de inhibir el crecimiento de fitopatógenos microbianos. El crecimiento de esta cepa en medio líquido que contiene lactosa, sulfato de amonio, biotina y aminoácidos dio como resultado una inhibición óptima in vitro. Se aislaron y purificaron dos nuevas sustancias antibacterianas del caldo de cultivo. Sus masas moleculares fueron, respectivamente, 911 y 903 dallones. El primer compuesto se denominó gavaserina porque contenía ácido glutámico, alanina, valina, serina y ácido 2,4-diaminobutírico y ácido octanoico. No se detectó ácido graso en el segundo compuesto, que se denominó saltavalina porque contenía serina, alanina, leucina, treonina, valina y ácido 2,4-diaminobutírico (pág. 2015).

Según López (2015) “Los microorganismos en la rizosfera y en el rizoplano viven de desechos y células muertas de la epidermis de los pelos radicales y también de metabolitos excretados por las raíces que estimulan su crecimiento y la esporulación” (pág. 21).

Los microorganismos tienen un efecto positivo en las propiedades físicas del suelo. Estos microorganismos se adhieren en las partículas de arcillas, principalmente células bacterianas. La adhesión forma resulta en la formación de un elemento químico que es de tipo goma o mucilago el cual aporta características químicas y físicas a la estructura del suelo (Ospina y Marin, 1997).

2.2.8 Marco legal

Como lo constituye la Asamblea Nacional del Ecuador (2008):

Art. 281.- La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente.

Para ello, será responsabilidad del Estado:

1. Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria.
2. Adoptar políticas fiscales, tributarias y arancelarias que protejan al sector agroalimentario y pesquero nacional, para evitar la dependencia de importaciones de alimentos.
3. Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.
4. Promover políticas redistributivas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua y otros recursos productivos.
5. Establecer mecanismos preferenciales de financiamiento para los pequeños y medianos productores y productoras, facilitándoles la adquisición de medios de producción.
6. Promover la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella; así como el uso, la conservación e intercambio libre de semillas.
7. Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable.
8. Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiada para garantizar la soberanía alimentaria.
9. Regular bajo normas de bioseguridad el uso y desarrollo de biotecnología, así como su experimentación, uso y comercialización.
10. Fortalecer el desarrollo de organizaciones y redes de productores y de consumidores, así como la de comercialización y distribución de alimentos que promueva la equidad entre espacios rurales y urbanos.
11. Generar sistemas justos y solidarios de distribución y comercialización de alimentos. Impedir prácticas monopólicas y cualquier tipo de especulación con productos alimenticios.
12. Dotar de alimentos a las poblaciones víctimas de desastres naturales o antrópicos que pongan en riesgo el acceso a la alimentación. Los alimentos

recibidos de ayuda internacional no deberán afectar la salud ni el futuro de la producción de alimentos producidos localmente.

13. Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.
14. Adquirir alimentos y materias primas para programas sociales y alimenticios, prioritariamente a redes asociativas de pequeños productores y productoras.

Art. 282.-El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierras, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra. Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes. El estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental.

La Asamblea Constituyente (2017) indica lo siguiente:

Art. 1.- Objeto. - La presente Ley regula la sanidad agropecuaria, mediante la aplicación de medidas para prevenir el ingreso, diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades; promover el bienestar animal, el control y erradicación de plagas y enfermedades que afectan a los vegetales y animales y que podrían representar riesgo fito y zoonosanitario. Regula también el desarrollo de actividades, servicios y la aplicación de medidas fito y zoonosanitarias, con base a los principios técnico-científicos para la protección y mejoramiento de la sanidad animal y vegetal, así como para el incremento de la producción, la productividad y garantía de los derechos a la salud y a la vida; y el aseguramiento de la calidad de los productos agropecuarios, dentro de los objetivos previstos en la planificación, los instrumentos internacionales en materia de sanidad agropecuaria, que forman parte del ordenamiento jurídico nacional. La sanidad en materia de acuicultura y pesca, así como el aseguramiento de la calidad de sus productos se regularán en la Ley correspondiente.

Art. 3.- Principios.- Constituyen principios de aplicación de esta Ley, los siguientes:

- a) Armonización: Establecer medidas fito y zoonosanitarias basadas en normas nacionales e internacionales comunes de varios países, con la finalidad de proteger la salud y vida de las personas, garantizar la soberanía alimentaria, el bienestar de los animales o preservar la inocuidad de los vegetales y facilitar el comercio internacional;
- b) Diversificación: Fortalecer la diversificación y la utilización de tecnologías limpias en la producción agropecuaria;
- c) Equivalencia: Cuando las regulaciones de sanidad agropecuaria expedidas en virtud de esta Ley, aunque difieran de otras similares de la normativa internacional se recocerán como válidas por su jerarquía, a las internacionales cuando se logre el nivel adecuado de protección sanitaria y fitosanitaria;
- d) Evaluación de riesgo: Evaluación del nivel de riesgo existente para la salud de las personas y la protección de la sanidad agropecuaria;
- e) No discriminación: Trato igualitario a los productos importados como a los de producción nacional respetando la cláusula de la nación más favorecida del sistema multilateral de comercio, salvo los casos de excepción previstos en la Ley;
- f) Precautelatorio: Adoptar medidas fito y

zoosanitarias eficaces y oportunas ante la sospecha de un posible riesgo grave para la salud de las personas, plantas, animales o al medio ambiente, aún sin contar con evidencia científica de tal riesgo; g) Protección: Establecer medidas fito y zoosanitarias previstas legal y técnicamente que garanticen la vida y la salud de las personas, los animales y la preservación de los vegetales, así como la protección contra otros daños resultantes de la entrada, radicación o diseminación de plagas o enfermedades; h) Prevención: Adoptar políticas públicas que precautelen la salud de las personas, de los animales y de las plantas, a través de medidas de prevención, control y mitigación de plagas y enfermedades; i) Seguridad alimentaria: Garantizar la sostenibilidad del acceso a los alimentos para las generaciones presentes y futuras; j) Solidaridad: Dotar de alimentos a las poblaciones víctimas de desastres naturales o antrópicos que pongan en riesgo el acceso a la alimentación. Los alimentos recibidos de ayuda internacional no afectarán la salud ni la producción y comercialización de alimentos producidos localmente; y, k) Transparencia: Notificar a nivel nacional e internacional información sobre las medidas fito y zoosanitarias y su fundamento.

Art. 4.- De los fines.- La presente Ley tiene las siguientes finalidades: a) Garantizar el ejercicio de los derechos ciudadanos a la producción permanente de alimentos sanos, de calidad, inocuos y de alto valor nutritivo para alcanzar la soberanía alimentaria; b) Impulsar procesos de investigación e innovación tecnológica en la producción de alimentos de origen vegetal y animal que cumplan las normas y desarrollo de estándares de bienestar animal, que mejoren el acceso a los mercados nacionales e internacionales; c) Fortalecer el vínculo entre la producción agropecuaria y el consumo local mediante la tecnificación de los procesos fito y zoosanitarios de control y aseguramiento de la calidad de los productos agropecuarios; d) Garantizar que la cadena de producción pecuaria cumpla con los estándares de bienestar animal que se establezcan en el reglamento de esta Ley y buenas prácticas zoosanitarias.

Art. 6.- De la Autoridad Rectora. - La Autoridad Agraria Nacional ejerce las competencias en materia de sanidad agropecuaria y es la responsable de prevenir, preservar, mejorar y fortalecer el estatus fito y zoosanitario de los vegetales, animales y productos agropecuarios en el territorio nacional. Tendrá a su cargo la formulación, implementación y ejecución de las políticas nacionales de sanidad agropecuaria y ejercerá las competencias establecidas en esta.

Ley. Art. 7.- De las competencias.- En materia de sanidad agropecuaria corresponde a la Autoridad Agraria Nacional las siguientes competencias: a) Ejercer la rectoría en materia de sanidad fito y zoosanitaria y de la inocuidad de productos agropecuarios en su fase primaria; b) Formular y administrar las políticas nacionales de sanidad agropecuaria; c) Establecer principios y estándares para la aplicación de buenas prácticas de sanidad animal y vegetal que garanticen el uso adecuado de los recursos agropecuarios; d) Establecer lineamientos de carácter fito y zoosanitario en función de las características propias del territorio; e) Promover y orientar la investigación

científica en el área de sanidad vegetal y animal; en coordinación con el ente rector de investigación; f) Promover la participación en la formulación y aplicación de las políticas públicas de sanidad agropecuaria; g) Promover la capacitación y la formación de los productores agropecuarios y, en especial, de los pequeños y medianos productores de alimentos, en materia de sanidad agropecuaria; h) Garantizar la calidad fito y zoosanitaria del material biológico o genético de propagación vegetal y reproducción animal utilizado en la producción agropecuaria; y, i) Las demás que establezca la Ley.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

En el trabajo presente se implementó una investigación experimental; en la que se desarrolló el análisis de los datos obtenidos en campo mediante las variables en estudio, se analizó su comportamiento y se realizó el análisis respectivo.

La investigación experimental requiere de la manipulación intencional de una acción para analizar los posibles resultados. Esta investigación se llevó a cabo para que las variables independientes causen efecto sobre las dependientes y el porqué de esa reacción (Fonseca Garcia y González Espinosa, 2008). La investigación experimental requiere de la manipulación intencional de una acción para analizar los posibles resultados. Esta investigación se llevó a cabo para que las variables independientes causen efecto sobre las dependientes y el porqué de esa reacción (Fonseca y González, 2008).

El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en una misma investigación o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento, y justifica la utilización de este enfoque en su estudio considerando que ambos métodos (cuantitativo y cualitativo) se entremezclan en la mayoría de sus etapas, por lo que es conveniente combinarlos para obtener información que permita la triangulación como forma de encontrar diferentes caminos y obtener una comprensión e interpretación, lo más amplia posible, del fenómeno en estudio (Guelmes, 2015, pág. 24).

En el enfoque mixto, se combinan los enfoques cualitativo y cuantitativo en la mayoría de sus fases, por lo que es recomendable combinarlos para obtener información complementaria. Esta complementación aparece como alternativa a fin de tener la posibilidad de encontrar diferentes senderos para conducirlo a una comprensión e interpretación lo más amplia del fenómeno en estudio. Además, el enfoque mixto es un proceso que recoge, examina y relaciona datos cuantitativos

y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento (Ruiz, 2013).

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación experimental se llevó a cabo cuando los datos se obtienen por observación de hechos condicionados por el investigador, en donde se manipulan las variables y se espera la respuesta de otras variables (Alvarez Risco, 2020).

Con la aplicación de *B. polymyxa* en dos híbridos de maíz se analizó ciertas variables, las cuales ayudaron a determinar las causas y efectos que se acontecieron con la aplicación del microorganismo mencionado al cultivo; este tipo de investigación permitió manipular las variables con sus respectivas condiciones para determinar finalmente cuáles fueron los resultados del experimento.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente

- Bacteria *Bacillus polymyxa* como fijadora de nitrógeno (25 ml/ 20 L)
- Híbridos de maíz (Trueno NB 7443, Advanta 9313)

3.2.1.2 Variables dependientes

Altura de la planta (cm)

Diámetro de la mazorca (cm)

Longitud de la mazorca (cm)

Peso de 100 granos (g)

Rendimiento (%)

Utilidad económica (\$)

3.2.2 Tratamientos

En este ensayo, los tratamientos se han definido mediante la combinación de dos factores. El factor A que estará representado por *B. polymyxa* y el factor B por los híbridos de maíz. Por lo tanto, los niveles, los factores y los tratamientos son los siguientes:

Tabla 2. Descripción de tratamientos

| Tratamiento Nº | Factor A (<i>B. polymyxa</i>) | Factor B (Híbrido) | Combinación |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------|
| 1 | a1: con <i>B. polymyxa</i> | b1: TRUENO NB 7443 | a1b1 |
| 2 | a2: con <i>B. polymyxa</i> | b2: ADVANTA 9313 | a1b2 |
| 3 | a3: sin <i>B. polymyxa</i> | b3: TRUENO NB 7443 | a2b1 |
| 4 | a4: sin <i>B. polymyxa</i> | b4: ADVANTA 9313 | a2b2 |

Torres, 2022

Tratamiento 1: En este tratamiento, se aplicó *Bacillus polymyxa* en una dosificación de 250 ml/200 litros de agua para aplicar en una hectárea. El producto se aplicó 15 días después de la siembra en la variedad de maíz TRUENO NB 7443.

Tratamiento 2: En este tratamiento, se aplicó *Bacillus polymyxa* en una dosificación de 250 ml/200 litros de agua para aplicar en una hectárea. El producto se aplicó 15 días después de la siembra en la variedad de maíz ADVANTA 9313.

Tratamiento 3: En este tratamiento, se realizó la fertilización normal sin la aplicación de *Bacillus polymyxa* en la variedad de maíz TRUENO NB 7443.

Tratamiento 4: En este tratamiento, se realizó la fertilización normal sin la aplicación de *Bacillus polymyxa* en la variedad de maíz ADVANTA 9313

Los híbridos de maíz que se usarán en este ensayo serán TRUENO NB 7443 e INIAP H-551. Ver anexo 1 y 2.

3.2.3 Diseño experimental

Para el desarrollo de este ensayo, dado que las condiciones fueron no controladas, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (CDBCA); el cual estará conformado por los cuatro tratamientos indicados en la Tabla 2, los cuales fueron valorados mediante cinco repeticiones. En consecuencia, el experimento tuvo un total de 20 unidades experimentales (parcelas).

La unidad experimental contó con un ancho de 6,4 m y una longitud de 5 m, con lo cual, cada parcela tuvo un área de 32 m². En cada parcela se ubicaron 8 hileras de plantas, las cuales estuvieron separadas a 80 cm las que corresponden al híbrido TRUENO NB 7443, teniendo un distanciamiento de 25 cm entre plantas, por otro lado, el maíz ADVANTA 9313 tuvo un distanciamiento entre hileras de 80 cm y entre plantas de 25 cm; con lo que se tuvo 20 plantas por hilera, es decir, cada parcela tuvo un total de 160 plantas.

Para el área útil de cada parcela se consideró cuatro hileras centrales de 2 m de ancho y 3,2 m de longitud. Esto permitió tener un total de 32 plantas por área útil de parcela.

Tabla 3. Descripción de unidades experimentales

| Descripción | Dimensión |
|--------------------------|-------------------|
| Nº Parcelas | 20 |
| Ancho de parcela | 6,4 m |
| Largo de parcela | 5 m |
| Área de cada parcela | 32 m ² |
| Distancia entre plantas | 0,25 m |
| Distancia entre hileras | 0,8 m |
| Plantas por hileras | 20 |
| Hileras por parcela | 8 |
| Distancia entre parcelas | 1 m |
| Nº Plantas Total parcela | 160 |

Área Experimental Total

829,4 m²

Torres, 2022

El croquis de campo del experimento puede observarse en el Anexo 1 y 2.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1 Recursos

Los recursos a utilizarse serán artículos científicos, revistas, libros, y documentos de sitios web.

3.2.4.2 Métodos y técnicas

3.2.4.2.1 Descripción de las variables a evaluarse

Altura de la planta: Para evaluar esta variable se seleccionó 10 plantas de forma aleatoria, a partir de las cuales se reportó el dato en cm, utilizando para ello un flexómetro y considerando dicha altura desde el nivel del suelo hasta el ápice foliar. Es preciso indicar que esta variable se midió en la etapa de floración del cultivo.

Diámetro y longitud de la mazorca: Estas variables se obtuvieron al momento de la cosecha, considerando mazorcas secas y sin branquias. Para ello se seleccionaron 10 mazorcas de forma aleatoria, en las cuales se midieron su diámetro y longitud, utilizando un calibrador en unidades de cm. Es preciso indicar que el diámetro se valoró en el centro de la mazorca.

Peso de 100 granos: Desde el área útil de cada unidad experimental y en el momento de cosecha, se seleccionaron 100 granos de maíz para proceder a pasarlos en una balanza de precisión en unidades de gramos. Esta valoración se realizó por triplicado en cada unidad experimental.

Rendimiento: Para reportar esta variable se escogió al azar 15 plantas dentro del área útil de cada parcela. A partir de ellas, se reportó este resultado en unidades de kilogramos/hectárea de granos de maíz secos.

Utilidad económica: Se definió considerando los costos fijos (costos de producción) y variables (costo de los tratamientos), además de los ingresos totales obtenidos de la producción experimental, todo relacionado a 1 hectárea. El beneficio se obtuvo por diferencia entre los ingresos totales y el costo total (costo fijo + costo variable). Finalmente, el índice de utilidad económica se definió por la relación:

$$U_E = \text{Beneficio} / \text{Costo total}$$

3.2.5 Análisis estadístico

Los datos de las diferentes variables que se han indicado fueron sometidos al análisis de varianza para establecer diferencias significativas entre los tratamientos.

En los casos donde se reportaron estas diferencias se aplicó la prueba de Tukey como test de comparación de medias. Estos análisis se realizarán al 5% de error tipo 1 ($P < 0.05$). El modelo de análisis de varianza a seguirse es el que se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Modelo de análisis de varianza

| Fuentes De Variación | Grados de Libertad |
|---|--------------------|
| Total ($abr - 1$) | 19 |
| Factor A (Fijador) ($a - 1$) | 1 |
| Factor B (Híbridos) ($b - 1$) | 1 |
| Interacción AB ($a - 1$) ($b - 1$) | 1 |
| Repeticiones ($r - 1$) | 4 |
| Error experimental ($ab - 1$) ($r - 1$) | 12 |

3.2.6 Delimitación del ensayo

3.2.6.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se llevó a cabo mediante la utilización de un tractor, el cual contó con rastras para poder remover el suelo y así este quedó óptimo para la siembra. También se realizó surcos, los mismos que fueron formados con la surcadora, distanciados a 80 cm según sea el híbrido a sembrarse.

3.2.6.2 Siembra

La siembra de los híbridos se desarrolló según el tipo, si es el caso del TRUENO NB 7443, este fue sembrado a 80 cm entre hileras y 25 cm entre plantas, mientras que el ADVANTA 9313 tuvo una distancia de 80 cm entre hileras y de igual manera 25 cm entre planta. Se procedió a poner una semilla de maíz por cada sitio de siembra.

3.2.6.3 Riego

Este paso se lo realizó por medio de riego en el surco, es decir que se procedió a colocar el agua en cada surco para que esta recorra hasta llegar al final de cada hilera, obteniendo la humedad adecuada en cada riego, se utilizó una manga para riego, la cual estuvo conectada a una bomba extractora de agua, para tener un mejor manejo del riego y se pueda apear al máximo.

3.2.6.4 Control de plagas y enfermedades

Para las plagas y enfermedades por incidencia se estimó aplicar GUSANOL para contrarrestar el ataque del gusano cogollero, en una dosis de 0,30 L/ha.

Para quemar la hoja se aplicó el fungicida *Benlate* en la dosis de 1 L/ha.

Para el control de las malezas se realizó una aplicación del herbicida S-metolaclor; con una dosis de 1 Lt/ha y además de eso se aplicó 2 L/ha de Gramoxone NF.

Estas aplicaciones se las llevará a cabo al día siguiente de la siembra, para que actúen los químicos de forma preventiva en el cultivo de maíz.

3.2.6.5 Fertilización y aplicación de la bacteria

Para la fertilización se aplicó tres sacos/ha de abono completo a los 10 días, a los 20 días se aplicó la mezcla física de un saco de sulfato de amonio más dos sacos del compuesto 8-20-20 por hectárea y a los 30 días se realizó una última aplicación, la cual contuvo dos sacos de sulfato de amonio y dos del compuesto 8-20-20.

En cuanto a la aplicación de la bacteria, esta fue aplicada en drench, a los diez días de edad del cultivo.

3.2.6.6 Cosecha

Se realizó la cosecha del cultivo para el trabajo experimental en el área útil de cada tratamiento, cuando el maíz presentó una humedad del catorce por ciento, el maíz fue recogido y aplicado posteriormente.

4. Resultados

4.1 Altura de la planta

En la localidad “El Guarumo” del cantón Milagro, la evaluación del efecto complementario del biofertilizante a base de *Bacillus polymyxa* en dos híbridos de maíz (*Zea mays L.*), dio como resultado diferencias estadísticamente significativas, con un p-valor < 0,05; en los tratamientos evaluados. El resultado del análisis estadístico se presenta en la Tabla 5. Mismo que contó con un coeficiente de variación de 1,82 lo que indica que la toma de datos del experimento se realizó de forma correcta.

La comparación de media realizada mediante test de Tukey al 95% de confianza, presentó que el Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*) fue el que obtuvo en media la mayor altura del ensayo (219,40 cm), seguido por el Tratamiento 1 (Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*) quien obtuvo una media de 203,80 cm de altura y con quien presentó diferencias significativas. Por su parte, el Tratamiento 4 (Advanta 9313 sin *B. polymyxa*) obtuvo una media de 201,90 cm de altura mientras que el Tratamiento 3 (Trueno NB 7443 sin *B. polymyxa*) presentó una media de 191,40 de altura.

Tabla 5. Altura de planta

| Nº | Tratamiento | Combinación | Altura (cm) | ** |
|------------------------------|---|-------------|-------------|----|
| 1 | <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a1b1 | 203,80 | a |
| 2 | <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a1b2 | 219,40 | b |
| 3 | Sin <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a2b1 | 191,40 | c |
| 4 | Sin <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a2b2 | 201,90 | a |
| Coeficiente de variación (%) | | 1,82 | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Torres, 2022

4.2 Diámetro de la mazorca

En la evaluación del diámetro de la mazorca, se presentaron diferencias estadísticamente significativas. El análisis estadístico cuenta con el respaldo de un coeficiente de variación de 1,25 el cual es aceptable en este tipo de experimento de campo. Los resultados del análisis Anova, con un p-valor < 0,05, se muestran en la Tabla 6. La comparación de media se realizó mediante el Test de Tukey al 5%.

En la comparación de medias se determinó que el Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*) obtuvo la media más alta del ensayo 5,07 cm siendo semejante estadísticamente al Tratamiento T1 (Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*) que obtuvo una media de 4,96 cm en el diámetro de la mazorca. Se muestra una clara relación entre los tratamientos que se aplicó *B. polymyxa* y la mejora de esta variable; pues el Tratamiento 4 (Advanta 9313 sin *B. polymyxa*) alcanzó una media de 4,72 cm y el Tratamiento 3 (Trueno NB 7443 sin *B. polymyxa*) un diámetro de 4,58 cm. Se presentó diferencias estadísticas entre T3, T4 sin embargo entre T1 y T2 no difieren estadísticamente.

Tabla 6. Diámetro de la mazorca

| Nº | Tratamiento | Combinación | Diámetro (cm) | ** |
|------------------------------|---|-------------|---------------|----|
| 1 | <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a1b1 | 4,96 | a |
| 2 | <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a1b2 | 5,07 | a |
| 3 | Sin <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a2b1 | 4,58 | b |
| 4 | Sin <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a2b2 | 4,72 | c |
| Coeficiente de variación (%) | | 1,25 | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Torres, 2022

4.3 Longitud de la mazorca

Los resultados de la longitud de la mazorca difieren estadísticamente entre los tratamientos en estudio. El coeficiente de variación obtenido fue de 2,58 lo cual respalda la efectividad del experimento, ya que este valor se encuentra dentro del rango aceptado para este tipo de ensayo. El análisis de varianza muestra que en los tratamientos en estudio se dieron respuestas diferenciadas en mayor o menor grado en esta variable analizada. Para la comparación de medias se empleó el test de Tukey al 5%; mediante el cual se pudo distinguir más claramente las diferencias estadísticas en cuanto a la longitud de la mazorca en los tratamientos.

En la comparación de media, Tabla 7, se observa que el Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*) obtuvo la mejor media del ensayo en esta variable; 22,04 cm de longitud de mazorca, seguido por el Tratamiento T1 (Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*) que alcanzó una media de 20,67 cm. El Tratamiento 4 (Advanta 9313 sin *B. polymyxa*) y el Tratamiento 3 (Trueno NB 7443 sin *B. polymyxa*); obtuvieron una media de 18,40 y 17,23 cm respectivamente. En esta variable existe una correlación en utilizar *B. polymyxa* y el incremento de la variable, como se puede observar en cada híbrido aplicando y no aplicando la bacteria como biofertilizante.

Tabla 7. Longitud de la mazorca

| Nº | Tratamiento | Combinación | Longitud (cm) | ** |
|------------------------------|---|-------------|---------------|----|
| 1 | <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a1b1 | 20,67 | a |
| 2 | <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a1b2 | 22,04 | b |
| 3 | Sin <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a2b1 | 17,23 | c |
| 4 | Sin <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a2b2 | 18,40 | d |
| Coeficiente de variación (%) | | 2,58 | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Torres, 2022

4.4 Peso de 100 granos

El análisis del peso de 100 granos secos se realizó con una humedad del grano del 14%. El análisis estadístico presentó diferencias altamente significativas en los diferentes tratamientos. El mismo que cuenta con el respaldo de un coeficiente de variación de 2,57 el cual es adecuado para este tipo de experimento. La media alcanzada por cada tratamiento se puede observar en la Tabla 8. Para determinar las diferencias significativas obtenidas se empleó el test de Tukey al 5%, con el cual se pudo esclarecer el efecto de la bacteria *B. polymyxa* en esta variable.

En la comparación de medias, mediante Tukey al 5%, se determinó que el mejor tratamiento bajo las condiciones del ensayo fue Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*) quien registró una media de 34,75 gramos de peso en 100 granos secos; seguido del Tratamiento T1 (Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*) de quien se reportó una media de 32,78 g. en esta variable. El Tratamiento 4 (Advanta 9313 sin *B. polymyxa*) registró una media de 27,74 g. y el Tratamiento 3 (Trueno NB 7443 sin *B. polymyxa*) registro una media de 25,11 g. Estos resultados demuestran una correlación en la aplicación de *B. polymyxa* y la mejora de esta variable, bajo las condiciones de este experimento.

Tabla 8. Peso de 100 granos

| Nº | Tratamiento | Combinación | Peso (g) | ** |
|------------------------------|---|-------------|----------|----|
| 1 | <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a1b1 | 32,78 | a |
| 2 | <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a1b2 | 34,75 | b |
| 3 | Sin <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a2b1 | 25,11 | c |
| 4 | Sin <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a2b2 | 27,74 | d |
| Coeficiente de variación (%) | | 2,57 | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Torres, 2022

4.5 Rendimiento

El rendimiento del cultivo de maíz bajo la influencia de *B. polymyxa* presentó diferencias estadísticamente significativas en el análisis de varianza. Este análisis contó con el respaldo de un coeficiente de variación de 2,22 el cual es adecuado y confiable para este tipo de experimento. Para determinar las diferencias estadísticas se empleó la prueba de Tukey al 5%, con el cual se esclareció los tratamientos con semejanza y diferencias estadísticas. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 9. El rendimiento fue calculado con base en el porcentaje de humedad del 14%.

En la comparación de medias, se determinó que el Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*) con 9318,69 kg/ha presentó la media más alta del ensayo en el rendimiento del cultivo, siendo semejante al Tratamiento 4 (Advanta 9313 sin *B. polymyxa*) quien presentó una media de 9026,34 kg/ha; siendo ambos tratamientos de la variedad Advanta 9313. Por su parte, la variedad Trueno NB 7443 presentó diferencia significativa en el Tratamiento T1 (Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*) que obtuvo una media de 6768,41 kg/ha, mientras que Tratamiento 3 (Trueno NB 7443 sin *B. polymyxa*) registró una media de 6148,95 kg/ha.

Tabla 9. Rendimiento

| Nº | Tratamiento | Combinación | Rendimiento (kg/ha) | ** |
|------------------------------|---|-------------|---------------------|----|
| 1 | <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a1b1 | 6768,41 | a |
| 2 | <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a1b2 | 9318,69 | b |
| 3 | Sin <i>B. polymyxa</i> + TRUENO NB 7443 | a2b1 | 6148,95 | c |
| 4 | Sin <i>B. polymyxa</i> + ADVANTA 9313 | a2b2 | 9026,34 | b |
| Coeficiente de variación (%) | | 2,22 | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Torres, 2022

4.6 Utilidad económica

Se realizó un análisis económico del ensayo, en el cual se determinó los gastos e ingresos empleados en cada tratamiento. Los valores del rendimiento están calculados con base en la humedad del 14% del grano, y ajustado a un 10%. El costo fijo del ensayo fue de \$ 1415,90/ha. bajo las condiciones de este experimento. El precio de venta fue de \$0,45/g, mismo valor que está condicionado a la época y la demanda y oferta del mercado; este precio fluctúa a lo largo del año dependiendo de diversos factores que determinan el valor del maíz al productor.

El beneficio neto de los tratamientos fue el siguiente: Tratamiento T1 (Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*) \$1168,97; Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*) \$2155,93; Tratamiento 3 (Trueno NB 7443 sin *B. polymyxa*) 963,74; y Tratamiento 4 (Advanta 9313 sin *B. polymyxa*) \$2077,29.

El análisis beneficio costo determino que el tratamiento de cual se obtuvo una mayor rentabilidad fue del Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*); de quien se obtuvo un índice beneficio-costo de 1,60 lo cual indica que por cada dólar de inversión se obtiene \$0,60 de retorno.

Tabla 10. Análisis económico del cultivo

| Descripción | Beneficio - Costo | | | |
|-------------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 | Tratamiento 4 |
| Rendimiento kg/ha | 6768,41 | 9318,69 | 6148,95 | 9026,34 |
| Rendimiento ajust kg/ha (10%) | 6091,57 | 8386,82 | 5534,06 | 8123,71 |
| Precio de venta (\$) por kg | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Costo fijo (\$) | 1415,90 | 1415,90 | 1415,90 | 1415,90 |
| Costo variable (\$) | 34,5 | 34,5 | 0 | 0 |
| Costo Total (\$) | 1450,40 | 1450,40 | 1415,90 | 1415,90 |
| Ingreso Bruto (\$) | 2619,37 | 3606,33 | 2379,64 | 3493,19 |
| Beneficio Neto | 1168,97 | 2155,93 | 963,74 | 2077,29 |
| Relación Beneficio/Costo | 0,89 | 1,60 | 0,76 | 1,58 |

*El rendimiento de maíz se calculó con una humedad del 14%
Torres, 2022

5. Discusión

Se evaluó el efecto complementario del biofertilizante a base de *Bacillus polymyxa* en dos híbridos de maíz (*Zea mays L.*) en la localidad “El Guarumo” del cantón Milagro. En base a los resultados obtenidos en este ensayo se procede a realizar las siguientes discusiones.

El efecto complementario de *Bacillus polymyxa* se vio reflejado en las variables agronómicas y productivas de los híbridos estudiados. Para la altura de la planta se encontró diferencias significativas entre el Híbrido Advanta 9313 con *Bacillus polymyxa* (219,40 cm) y sin *Bacillus polymyxa* (201,90 cm) determinando una correlación entre *Bacillus polymyxa* y el incremento de la altura de la planta. Sucede lo mismo con el híbrido Trueno NB 7443 el cual con *B. polymyxa* obtuvo una altura de 203,80 cm y sin *B. polymyxa* obtuvo una media de 191,40 cm. De igual forma, sucede algo similar en el diámetro de la mazorca que, los híbridos bajo el efecto de *B. polymyxa* registraron valores de 5,07 (Advanta) y 4,96 (Trueno) en comparación con los mismos híbridos sin la aplicación que *B. polymyxa* que registraron diámetros de 4,72 (Advanta) y 4,58 (Trueno). La longitud de la mazorca se comportó igual, registrando valores más altos en los híbridos donde se aplicó *Bacillus polymyxa* 22,04 cm (Advanta) y 20,67 cm (Trueno). Cabe resaltar que el Híbrido Advanta registra los mayores valores en todas las variables agronómicas en comparación con el híbrido Trueno, indiferentemente de la aplicación de *B. polymyxa*. Estos resultados se asocian a lo establecido por Rojas y Tejera que afirman que las bacterias *Bacillus* tienen la capacidad de fijar nitrógeno y promover el crecimiento.

En cuanto al rendimiento del cultivo, se verificó el incremento del grano mediante la comparación de los tratamientos planteados. El Híbrido Advanta 9313 no presentó diferencia significativa con *B. polymyxa* (9318,69 kg/ha) y sin *B. polymyxa*

(9026,34 kg/ha) perteneciendo a un mismo grupo estadístico lo cual indica que no existe relevancia en la aplicación de *B. polymyxa* para el incremento del rendimiento en este híbrido; este resultado concuerda con el obtenido por Guaitarilla (2018) que en su ensayo en maíz no encontró diferencia altamente significativa en el rendimiento del cultivo bajo la influencia de *B. polymyxa*. Por otro lado, el híbrido Trueno NB 7443 si mostro una diferencia significativa con *B. polymyxa* (6768,41) en comparación con el mismo híbrido sin la aplicación de *B. polymyxa* (6148,95).

En el análisis económico del cultivo se encontró que la mejor relación beneficio-costos del híbrido Trueno NB 7443 se obtiene del tratamiento con la aplicación de *B. polymyxa* (0,89) en contraste con este mismo híbrido sin *B. polymyxa* (0,76). Por su parte, el híbrido Advanta 9313 con aplicación de *B. polymyxa* obtuvo un índice beneficio-costos de 1,60 y sin la aplicación de *B. polymyxa* obtuvo un índice de 1,58. El mejor beneficio costo obtenido del ensayo general fue del Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*) que fue de 1,60 lo que indica que por cada \$1 invertido se obtiene una ganancia de \$0,60.

6. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos y discusiones planteadas en esta investigación, se procede a realizar las siguientes conclusiones del efecto complementario del biofertilizante a base de *Bacillus polymyxa* en dos híbridos de maíz (*Zea mays L.*) en el cantón Milagro.

El efecto complementario del biofertilizante a base de *Bacillus polymyxa* en dos híbridos se vio reflejado en las variables agronómicas y productivas del cultivo de maíz: altura de la planta (219,40 cm en Advanta 9313+ *B. polymyxa* y 203,80 cm en Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*), diámetro de la mazorca (5,07 cm en Advanta 9313+ *B. polymyxa* y 4,96 cm en Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*), longitud de la mazorca (22,04 cm en Advanta 9313+ *B. polymyxa* y 20,67 cm en Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*), y peso del grano (34,75 g. en Advanta 9313+ *B. polymyxa* y 32,78 g. en Trueno NB 7443+ *B. polymyxa*).

Se verificó el incremento del rendimiento del cultivo, para el cual en el híbrido Advanta 9313 se notó incremento con *B. polymyxa* obteniendo 9318,69 kg/ha en comparación con el mismo híbrido sin *B. polymyxa*, el cual obtuvo 6768,41 kg/ha. Por su parte el híbrido Trueno NB 7443 con *B. polymyxa* registró un rendimiento de 6768,41 kg/ha en comparación con el mismo híbrido sin *B. polymyxa* 6148,95, en lo cual además de existir un incremento se detectó diferencias significativas, por lo que se concluye que *B. polymyxa* incremento el rendimiento solo en el híbrido Trueno NB 7443.

En el análisis económico se determinó que el tratamiento más rentable del ensayo fue el Tratamiento 2 (Advanta 9313+ *B. polymyxa*) que presentó un índice de relación beneficio costo de 1,60 lo que indica que por cada dólar se obtiene una ganancia neta de \$0,60.

7. Recomendaciones

En base al manejo del experimento y los resultados obtenidos del mismo, se procede a realizar las siguientes recomendaciones.

Utilizar fertilizantes complementarios en base a *B. polymyxa* para mejorar las variables agronómicas y productivas de los híbridos Trueno NB 7443 y Advanta 9313; altura de planta, diámetro de la mazorca, longitud de mazorca y peso de 100 granos secos.

Emplear biofertilizante en base a *B. polymyxa* para incrementar significativamente el rendimiento en el cultivo de maíz variedad Trueno NB 7443.

Para obtener una mejor rentabilidad en el cultivo de maíz utilizar una solución de 250 ml/200 l/agua de biofertilizante en base a *B. polymyxa*.

Realizar un control periódico de maleza para disminuir la cantidad de plagas presentes en el cultivo que se hospedan en la maleza.

Mantener un monitoreo constante de plagas y enfermedades críticas para el maíz, ya que estas influyen directamente en el rendimiento alcanzado por el cultivo.

8. Bibliografía

- Acosta, R. (2009). El cultivo de maíz, su origen y clasificación. El maíz en cuba. *Cultivos Tropicales*, 30(2), 113-120. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v30n2/ctr160209.pdf>
- Alvarez Risco, A. (2020). *Repositorio Universidad de Lima*. Obtenido de Alvarez Risco
- Amparo, R., Molina, A., & Montenegro, M. (2007). Evaluación agronómica de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Revista de Ciencias de la Vida*, 2(6), 30-33.
- Asamblea Constituyente. (2017). LEY ORGANICA DE SANIDAD AGROPECUARIA. Ley. Ecuador. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley%20Org%C3%A1nica%20de%20Sanidad%20Agropecuaria.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución del Ecuador*. Montecristi, Ecuador: Ediciones Legales. Recuperado el Febrero de 2021, de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf>
- Asturias, M. (2004). *Maíz, de alimento sagrado a negocio del hambre*. Recuperado el Febrero de 2021, de RALLT: http://www.rallt.org/PUBLICACIONES/maiz_alimento%20sagrado.pdf.pdf
- Blanco, Y. (2010). Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 31(2), 55-62.
- Borrero, C. A. (10 de Marzo de 2010). *infoAgro.com*. Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp

- Caviedes, M., & Zambrano, J. (2022). *Tecnologías para el cultivo de maíz (Zea mays. L) en el Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador, Quito.
- Coral Valenzuela, J. V. (Octubre de 2017). *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE DOS GENOTIPOS DE MAÍZ (Zea mays L.) EN LA ZONA MEDIA DE LA PARROQUIA MALCHINGUÍ*. Recuperado el Febrero de 2021, de Repositorio de la Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13056/1/T-UCE-0004-42-2017.pdf>
- Cruz, O. (2017). El cultivo de maíz. *Manual para la producción del cultivo del maíz en Honduras*. Gobierno de la República de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.
- Della, A., Irigoyen, A., Gardiol, J., Caviglia, O., & Echarte, L. (2016). Evaluación de un modelo de balance de agua en el suelo para el cultivo de maíz. *Resúmen Técnico N°2*. Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias UNMdP-EEA Balcarce INTA, Paraná.
- Deras, & Héctor. (2015). Guía técnica: El cultivo de maíz. *Guía Técnica*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en El Salvador, El Salvador.
- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., . . . Carter, P. (Octubre de 2016). *Maiz crecimiento y desarrollo*. Recuperado el Febrero de 2021, de PIONEER: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf

- Eyhérabide, G. (2015). Bases para el manejo del cultivo de maíz. Maleza: manejo y control. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: INTA*. Argentina.
- FarmAgro. (Abril de 2018). *FarmAgro*. Recuperado el Febrero de 2021, de <https://farmagro.com.ec/new/la-importancia-del-maiz-en-el-ecuador/>
- Fonseca Garcia, A., & González Espinosa, P. (9 de Mayo de 2008). *BIBLIOTECAS UDLAP*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmk/fonseca_g_a/capitulo_3.pdf
- García, F. (2008). Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. *Jornada de Actualización: Asociación Ing. Agr, del Sur de Córdoba*. International Plant Nutrition Institute, Cordoba, Argentina.
- García, P., & Mejía, J. (2005). Control químico de malezas en maíz en un sistema de siembra directa. *Agronomía Tropical*, 55(3), 15-21.
- Gaucho Abarca, E. (2014). "CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) DE LA LOCALIDAD SAN JOSÉ DE CHAZO.". Recuperado el Febrero de 2021, de Repositorio de la Escuela Superior Politecnica de Chimborazo: <https://core.ac.uk/download/pdf/234574936.pdf>
- Gear, J. (2006). El cultivo de maíz en Argentina. *Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal*. ILSI Argentina, Argentina. Obtenido de <https://gabrieluzca.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/maizynutricion.pdf#page=4>
- Gonzáles, B., & Díaz, G. (2008). Análisis económico y producción del maíz (*Zea mays* L.) asociado con mucuna (*Stizolobium aterrimum*) en siembra directa

- y dos sistemas de fertilización nitrogenada. *Rev. Ciencia y Tecnología*, 5(1), 37-41.
- Guaitarilla, A. (2018). Validación de un Bio - fertilizante orgánico (*Paenibacillus polymyxa*) como fijador de nitrógeno en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Tesis de Grado*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador.
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, Á., Ulloa, S., & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Rev. Siembra*, 7(2), 47-52.
- Guelmes Valdés, E. L. (2015). ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE EL ENFOQUE MIXTO DE LA INVESTIGACIÓN PEDAGÓGICA EN EL CONTEXTO CUBANO. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 7(2), 23-29. Recuperado el Febrero de 2021, de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v7n1/rus03115.pdf>
- Guerreño, J., López, C., & Gonzalez, J. (2019). Cultivo de maíz. *Guía Técnica*. Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.
- Guillín, X., Carmigniani, J., & Zambrano, E. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de maíz en la zona norte de la provincia de Los Ríos. *Journal of Business and Entrepreneurial Studies*, 4(2), 76-85.
- Hernández, A., Caballero, A., Pazos, M., & Ramírez, R. (2003). Identificación de algunos géneros microbianos asociados al cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en diferentes suelos de Cuba. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 5(1), 45-55.
- Hernández, J. (2019). Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap. *Resúmenes Iniap*. Mosquera, Colombia.

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (Octubre de 2019). *Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap*. Recuperado el Febrero de 2021, de Repositorio Gigital de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5457>
- Izquierdo Bonilla , R. (Enero de 2012). *EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE MAIZ (Zea mays), COMO COMPLEMENTO A LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS DE LECHE EN ÉPOCAS DE ESCASES DE ALIMENTO. CAYAMBE - ECUADOR*. Recuperado el Febrero de 2021, de Repositorio de la Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1832/15/UPS-YT00102.pdf>
- Jeon, Y., Lee, Y., Kim, S., Balaraju, K., Seo, Y.-S., Park, J., . . . Kang, S. (Octubre de 2020). Cambios moleculares asociados con la variación fenotípica espontánea de *Paenibacillus polymyxa* , un agente de control biológico comúnmente utilizado, y control de la variación dependiente de la temperatura. (S. Nature, Ed.) *Nature Research*(16586), 2. doi:10.1038/s41598-020-73716-7
- López, S. (Noviembre de 2015). Recuperado el Febrero de 2021, de Bacillus: un género que alberga especies que cumplen diversos roles biológicos: https://inta.gob.ar/sites/default/files/lic._lopez_bacillus.pdf
- MAGAP. (2020). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. *Producción de maíz a nivel nacional, año 2020*. Ecuador.
- Marcano, F., & Landínez, N. (1997). Labranza y sistemas de siembra para la producción del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un Aquic Ustropepts del estado Yaracuy. *Rev. Bioagro*, 9(3), 86-94.

- Mazurenko, B., Novytska, N., & Honchar, L. (2020). Respuesta del triticale de primavera y facultativo sobre la preparación microbiana (*Azospirillum brasilense* y *Bacillus polymyxa*) por diferentes nutrientes nitrogenados. *Journal of Central European Agriculture*, 21(4), 763-774. doi:10.5513/JCEA01/21.4.2914
- Myers, C. (20 de Noviembre de 2021). *eHow En Español*. Obtenido de https://www.ehowenespanol.com/abono-inorganico-info_264325/
- Ortas, L. (30 de Abril de 2008). EL CULTIVO DEL MAÍZ: FISIOLOGÍA Y ASPECTOS GENERALES. *AGRIGAN, S.A.*, 1. Recuperado el Febrero de 2021, de <https://rdu-demo.unc.edu.ar/bitstream/handle/123456789/703/Agrigan%20bolet%C3%ADn%207.pdf?sequence=1>
- Ospina, E., & Marin, J. (1997). Efecto de tres sistemas de labranza sobre los microorganismos heterótrofos del suelo en un cultivo de maíz (*Zea mays*). *Tesis de Grado*. Universidad de los Llanos.
- Parra, R. (2016). La agricultura alternativa: Una estrategia para la producción de alimentos con enfoques agroecológicos, basado en el modelo de ecodesarrollo. *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 9(26). Recuperado el Febrero de 2021, de <https://www.eumed.net/rev/delos/26/ecodesarrollo.html>
- Pavón Chocano, A. (Junio de 2006). *ANEJO V GENERALIDADES del CULTIVO de MAÍZ*. Recuperado el Febrero de 2021, de Repositorio de la Universidad de Castilla - La Mancha: https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/AntonioPavon/07-AnejoV.pdf

- Pichard, B., Larue, J.-P., & Thouvenot, D. (1995). Gavaserina y saltavalina, nuevos antibióticos peptídicos producidos por *Bacillus polymyxa*. *FEMS Microbiology Letters*, 133(3), 215–218. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1995.tb07887.x>
- Ratto, S., & Miguez, F. (2017). Cinc en el cultivo de maíz, deficiencia de oportunidad. *Cátedra de Cereales y Oleaginosas*. Ciencias Agrarias-UCA, Argentina.
- Rivera, A. (2020). Respuesta del cultivar de maíz "Trueno" a la fertilización nitrogenada en condiciones edafoclimáticas del cantón Santa Rosa. *Tesis de Grado*. Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Rojas, M., & Tejera, D. (2017). Potencialidades de cepas de *Bacillus* para la promoción del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(3), 485-496.
- Ruiz Medina, M. (2013). EL ENFOQUE MIXTO DE INVESTIGACIÓN EN LOS ESTUDIOS FISCALES . *TLATEMOANI*(13), 11. Recuperado el Febrero de 2021, de <file:///C:/Users/user/Documents/proyecto%207/Dialnet-EIEnfoqueMixtoDeInvestigacionEnLosEstudiosFiscales-7325416.pdf>
- Sánchez Ortega, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología)*. Serie Botánica., 7(2), 151-171. Recuperado el Febrero de 2021, de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf>
- Sandal, M. (2014). Comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz (*zea mays* l.) en el cantón pueblo viejo provincia de Los Ríos. *Tesis de Grado*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- Traxco. (16 de Abril de 2015). *TRAXCO*. Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/labores-del->

9. Anexos

9.1 Anexo de dimensiones experimental

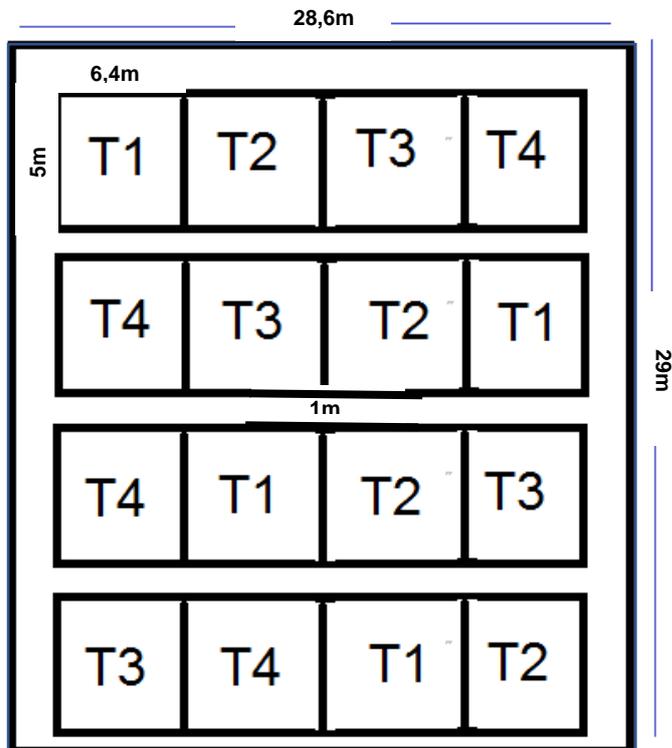


Figura 1. Distribución de tratamientos Torres, 2022

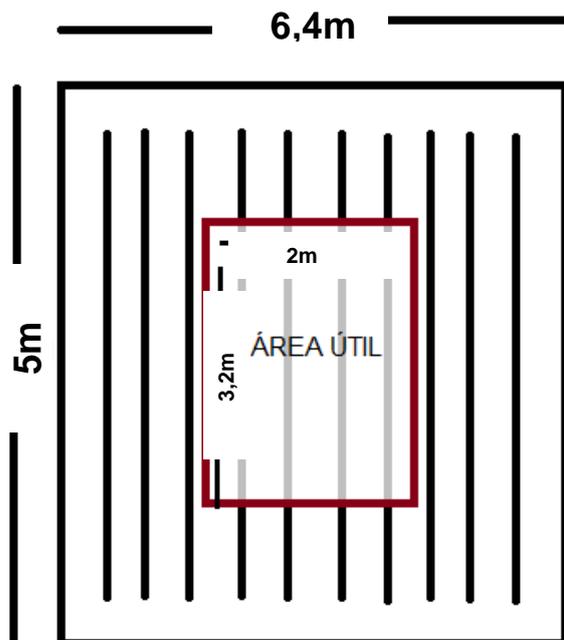


Figura 2. Unidad experimental Torres, 2022

9.2 Anexo de resultados estadísticos

Tabla 11. Estadístico de altura de planta (cm)

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|----|----------------|-------------------|------|
| Altura (cm) | 20 | 0,92 | 0,88 | 1,82 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------------|---------|----|--------|-------|---------|
| Modelo | 2003,60 | 7 | 286,23 | 20,54 | <0,0001 |
| Biofertilizante | 980,00 | 1 | 980,00 | 70,33 | <0,0001 |
| Híbrido de maíz | 980,00 | 1 | 980,00 | 70,33 | <0,001 |
| Repetición | 30,80 | 4 | 7,70 | 0,55 | 0,70 |
| Biofertilizante*Híbridos.. | 12,80 | 1 | 12,80 | 0,92 | 0,35 |
| Error | 167,20 | 12 | 13,93 | | |
| Total | 2170,80 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,00895

Error: 13,9333 gl: 12

| Biofertilizante | híbridos de maíz | Medias | n | E.E. | |
|-----------------|--------------------|--------|---|------|---|
| B. polymyxa | con Advanta 931 | 219,40 | 5 | 1,67 | A |
| B. polymyxa | con Trueno NB 7443 | 203,80 | 5 | 1,67 | B |
| B. polymyxa | sin Advanta 931 | 201,90 | 5 | 1,67 | B |
| B. polymyxa | sin Trueno NB 7443 | 191,40 | 5 | 1,67 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Torres, 2022

Tabla 12. Estadístico de diámetro de mazorca (cm)

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------|----|----------------|-------------------|------|
| Diámetro (cm) | 20 | 0,95 | 0,91 | 1,25 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------------|---------|----|---------|--------|---------|
| Modelo | 0,76 | 7 | 0,11 | 29,73 | <0,0001 |
| Biofertilizante | 0,08 | 1 | 0,08 | 21,08 | 0,0006 |
| Híbridos de maíz | 0,67 | 1 | 0,67 | 183,63 | <0,0001 |
| Repetición | 0,01 | 4 | 2,5E-03 | 0,69 | 0,6127 |
| Biofertilizante*Híbridos.. | 2,4E-03 | 1 | 2,4E-03 | 0,66 | 0,4312 |
| Error | 0,04 | 12 | 3,6E-03 | | |
| Total | 0,80 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11340

Error: 0,0036 gl: 12

| Biofertilizante | híbridos de maíz | Medias | n | E.E. | |
|-----------------|--------------------|--------|---|------|---|
| B. polymyxa | con Advanta 9313 | 5,07 | 5 | 0,03 | A |
| B. polymyxa | con Trueno NB 7443 | 4,96 | 5 | 0,03 | A |
| B. polymyxa | sin Advanta 9313 | 4,72 | 5 | 0,03 | B |
| B. polymyxa | sin Trueno NB 7443 | 4,58 | 5 | 0,03 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Torres, 2022

Tabla 13. Estadístico de longitud de mazorca (cm)**Análisis de la varianza**

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------|----|----------------|-------------------|------|
| Longitud (cm) | 20 | 0,96 | 0,94 | 2,58 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------------|-------|----|-------|--------|---------|
| Modelo | 74,30 | 7 | 10,61 | 41,57 | <0,0001 |
| Biofertilizante | 8,05 | 1 | 8,05 | 31,54 | 0,0001 |
| Híbridos de maíz | 62,69 | 1 | 62,69 | 245,54 | <0,0001 |
| Repetición | 3,51 | 4 | 0,88 | 3,44 | 0,0431 |
| Biofertilizante*Híbridos.. | 0,05 | 1 | 0,05 | 0,18 | 0,6753 |
| Error | 3,06 | 12 | 0,26 | | |
| Total | 77,37 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,94880

Error: 0,2553 gl: 12

| Biofertilizante | híbridos de maíz | Medias | n | E.E. | | |
|-----------------|------------------|--------|-------|------|------|---|
| B. polymyxa | con Advanta | 9313 | 22,04 | 5 | 0,23 | A |
| B. polymyxa | con Trueno NB | 7443 | 20,67 | 5 | 0,23 | B |
| B. polymyxa | sin Advanta | 9313 | 18,40 | 5 | 0,23 | C |
| B. polymyxa | sin Trueno NB | 7443 | 17,23 | 5 | 0,23 | D |

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

Torres, 2022

Tabla 14. Estadístico de peso de 100 granos (g)**Análisis de la varianza**

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| Peso (g) | 20 | 0,97 | 0,95 | 2,57 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------------|--------|----|--------|--------|---------|
| Modelo | 213,98 | 7 | 30,57 | 49,6 | <0,0001 |
| Biofertilizante | 8,49 | 1 | 8,49 | 13,77 | 0,0030 |
| Híbridos de maíz | 200,91 | 1 | 200,91 | 326,01 | <0,0001 |
| Repetición | 2,35 | 4 | 0,59 | 0,96 | 0,4664 |
| Biofertilizante*Híbridos.. | 2,22 | 1 | 2,22 | 3,61 | 0,0817 |
| Error | 7,40 | 12 | 0,62 | | |
| Total | 221,38 | 19 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,47407

Error: 0,6163 gl: 12

| Biofertilizante | híbridos de maíz | Medias | n | E.E. | | |
|-----------------|------------------|--------|-------|------|------|---|
| B. polymyxa | con Advanta | 9313 | 34,75 | 5 | 0,35 | A |
| B. polymyxa | con Trueno NB | 7443 | 32,78 | 5 | 0,35 | B |
| B. polymyxa | sin Advanta | 9313 | 27,74 | 5 | 0,35 | C |
| B. polymyxa | sin Trueno NB | 7443 | 25,11 | 5 | 0,35 | C |

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

Torres, 2022

Tabla 15. Estadístico de Rendimiento (kg/ha)**Análisis de la varianza**

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Rendimiento (kg/ha) | 20 | 0,99 | 0,99 | 2,22 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------------|-------------|----|-------------|---------|---------|
| Modelo | 38100673,97 | 7 | 5442953,42 | 180,90 | <0,0001 |
| Biofertilizante | 36824610,59 | 1 | 36824610,59 | 1223,89 | <0,0001 |
| Híbridos de maíz | 1039237,73 | 1 | 1039237,73 | 34,54 | 0,0001 |
| Repetición | 103081,01 | 4 | 25770,25 | 0,86 | 0,5169 |
| Biofer.*Hib. Maíz.. | 133744,65 | 1 | 133744,65 | 4,45 | 0,0567 |
| Error | 361056,89 | 12 | 30088,07 | | |
| Total | | | 38461730,87 | 19 | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=325,70388*Error: 30088,0743 gl: 12*

| Biofertilizante | híbridos de maíz | Medias | n | E.E. | |
|-----------------|------------------|--------|---------|------|---------|
| B. polymyxa | con Advanta | 9313 | 9318,69 | 5 | 77,57 A |
| B. polymyxa | sin Advanta | 9313 | 9026,34 | 5 | 77,57 A |
| B. polymyxa | con Trueno NB | 7443 | 6768,41 | 5 | 77,57 B |
| B. polymyxa | sin Trueno NB | 7443 | 6148,95 | 5 | 77,57 C |

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

Torres, 2022

Tabla 16. Análisis económico del cultivo

| Análisis económico | | | | |
|-------------------------------|---------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| Actividad | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (\$) | Costo Total (\$/ha) |
| Preparación de terreno | | | | |
| Rastra | pasada | 2 | 28 | 56 |
| Surcada | pasada | 1 | 28 | 28 |
| Siembra | | | | |
| Semilla | saco 45k se | 2 | 98,12 | 196,24 |
| Siembra | jornal | 5 | 15 | 75 |
| Riego | | | | |
| Gasolina bomba | galones | 10 | 3,67 | 36,7 |
| Riego | jornal | 8 | 15 | 120 |
| Fertilización | | | | |
| DAP | saco 50kg | 1 | 72,45 | 72,45 |
| Sulfato de amonio | saco 50kg | 2 | 32,68 | 65,36 |
| Aplicación | | | | |
| Control de maleza | | | | |
| Pre-emergente | | | | |
| Atrazina | litro | 1 | 11,31 | 11,31 |
| S-metolaclor | litro | 1 | 8,41 | 8,41 |
| Aplicación | jornal | 2 | 15 | 30,00 |
| Post-emergente | | | | |
| Gramoxone NF | litro | 2 | 7,47 | 14,94 |
| Aplicación | jornal | 2 | 15 | 30,00 |
| Control de plaga | | | | |
| Semevin | litro | 2 | 10,46 | 20,92 |
| Cyperpac | litro | 1 | 13,15 | 13,15 |
| Aplicación | jornal | 2 | 15 | 30,00 |
| Cosecha | | | | |
| Doblado de planta | jornal | 4 | 15 | 60 |
| Trilla | ha. | 1 | 450 | 450,00 |
| Flete | unitario | 1 | 30 | 30,00 |
| Subtotal | | | | 1348,48 |
| Imprevistos 5% | | | | 67,42 |
| Total, Costo Fijo | | | | 1415,90 |
| Costos Variable | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (\$) | Costo Total (\$/ha) |
| Tratamiento | | | | |
| Tratamiento 1 | litros | 2 | 17,25 | 34,5 |
| Tratamiento 2 | litros | 2 | 17,25 | 34,5 |
| Tratamiento 3 | n/a | 0 | 0 | 0 |
| Tratamiento 4 | n/a | 0 | 0 | 0 |

Torres, 2022

9.3 Anexo Fotográfico



Figura 3. Aplicación preemergente en preparación de terreno
Torres, 2022



Figura 4. Riego en la preparación de terreno
Torres, 2022



Figura 5. Planta de maíz variedad Trueno
Torres, 2022



Figura 6. Producto comercial en base a *B. polymyxa*
Torres, 2022



Figura 7. Aplicación de tratamiento
Torres, 2022



Figura 8. Cultivo de maíz
Torres, 2022



Figura 9. Visita de docente guía Torres, 2022



Figura 10. Docente guía Torres, 2022



Figura 11. Toma de altura de la planta
Torres, 2022



Figura 12. Medición de longitud de mazorca
Torres, 2022



Figura 13. Medición de diámetro de mazorca
Torres, 2022

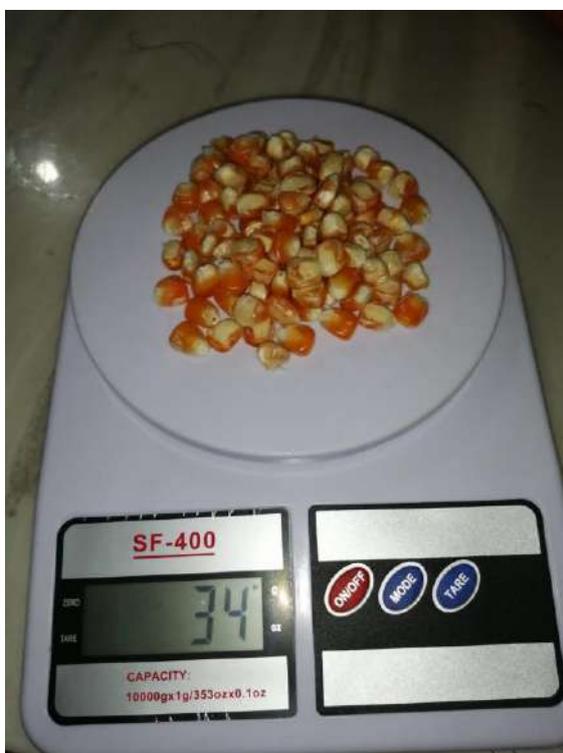


Figura 14. Peso de 100 granos
Torres, 2022



Figura 15. Cultivo experimental
Torres, 2022