

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

“EVALUACIÓN DE CEPAS DE *Trichoderma* spp. NATIVAS DEL NORTE DE SINALOA COMO PROMOTORAS DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)”

**Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Agropecuarias**

PRESENTA:

Miguel Ángel Islas Valenzuela

DIRECTORES DE TESIS:

Dra. Blanca Elvira López Valenzuela
Dr. Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez

ASESORES:

Dr. Quintín Armando Ayala Armenta
Dr. Cipriano Fuentes Verduzco
MC. Julián Alberto Galaviz Lara

Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México; a enero de 2024

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1. El cultivo de maíz.....	3
2.1.1. Importancia.....	3
2.1.2. Clasificación taxonómica del maíz.	4
2.1.3. Descripción botánica del maíz.....	4
2.1.4. Fechas de siembra.	5
2.1.5. Raíz.....	5
2.1.6. Tallo.....	5
2.1.7. Hojas.....	5
2.1.8. Flores.....	6
2.1.9. Grano.....	6
2.2. Clima y suelo.....	6
2.2.1. Clima.....	6
2.2.2. Suelo.....	7
2.3. Riegos.....	7
2.4. Fertilización.....	7
2.4.1. Urea.....	7
2.4.2. Sulfato de amonio.....	8
2.5. Malezas.....	8
2.6. Plagas	8
2.7. Enfermedades.....	9

2.8.	Bioestimulantes.....	9
2.9.	<i>Trichoderma</i> spp.....	10
2.9.1.	Importancia.....	10
2.9.2.	Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma</i> spp.....	11
2.9.3.	Morfología.....	11
2.9.4.	Características microscópicas	12
2.9.5.	Ciclo de vida.....	12
2.9.6.	Temperatura.....	13
2.9.7.	Promoción de crecimiento vegetal.....	13
III.	HIPÓTESIS.....	14
IV.	OBJETIVOS	15
4.1.	Objetivo General	15
4.2.	Objetivos Específicos	15
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
5.1.	Origen de las cepas.....	19
5.2.	Producción del Inoculo con <i>Trichoderma</i> spp.	19
5.2.1.	Recolección de esporas de <i>Trichoderma</i> spp.....	16
5.2.2.	Concentración del inoculo.....	17
5.2.3.	Reproducción del inoculo madre a concentración de 1×10^7 esporas mL ⁻¹ ...	19
5.3.	Muestreo y Análisis del suelo.....	17
5.4.	Establecimiento de los dos experimentos en campo (Experimento 1: lote Ahome y Experimento 2: lote Guasave).....	19
5.4.1.	Ubicación y localización de la zona de estudio.....	19
5.4.1.1.	Lote experimental 1: Ahome.....	19
5.4.1.2.	Lote experimental 2: Guasave.....	20
5.4.2.	Preparación del terreno.....	20
5.4.3.	Fertilización.....	21
5.4.4.	Desinfección e Inoculación de semillas.....	21
5.4.5.	Marca de tratamientos en los dos lotes experimentales.....	21
5.4.6.	Siembra.....	21
5.4.7.	Riegos.....	21
5.4.8.	Descripción de tratamientos y área experimental.....	21
5.4.9.	Diseño experimental.....	21
5.4.10.	Análisis de los datos.....	23
5.5.	Evaluación de variables de crecimiento de la planta.....	24

5.5.1.	Altura de planta.....	24
5.5.2.	Altura de mazorca.....	24
5.5.3.	Diámetro de tallo.....	24
5.5.4.	Volumen de raíz.....	24
5.6.	Rendimiento.	25
5.6.1.	Peso de mazorca.....	25
5.6.2.	Peso de 1000 granos.....	25
VI.	RESULTADOS.....	26
6.1.	Evaluación de cepas de <i>Trichoderma</i> spp. como promotoras de crecimiento en el cultivo de maíz.	26.
6.2.	Análisis físico-químico del suelo: lote de Ahome y lote de Guasave.....	26.
6.2.1.	Análisis de suelo perteneciente al lote de Ahome.....	26
6.2.2.	Análisis de suelo perteneciente al lote de Guasave.	27
6.3.	Variables medidas.....	28
6.3.1.	Experimento 1: Lote de Ahome.....	28
6.3.1.1.	Altura de planta.....	28
6.3.1.2.	Altura de mazorca.....	28
6.3.1.3.	Diámetro de tallo.....	28
6.3.1.4.	Volumen de raíz.....	28
6.3.1.5.	Resultado de variables de rendimiento lote experimental 1: Ahome.....	29
6.3.1.5.1.	Peso de 1000 granos.....	29
6.3.1.5.2.	Peso de mazorca.....	29
6.3.1.5.3.	Peso total cosecha.....	30
6.3.2.	Experimento 2: Lote de Guasave.....	31
6.3.2.1.	Altura de planta.....	31
6.3.2.2.	Altura de mazorca.....	31
6.3.2.3.	Diámetro de tallo.....	31
6.3.2.4.	Volumen de raíz.....	31
6.3.3.	Resultado de variables de rendimiento lote experimental 2: Guasave.	32
6.3.3.1.	Peso de 1000 granos.....	32
6.3.3.2.	Peso de mazorca.....	32
6.3.3.3.	Peso total cosecha.....	33
VII.	DISCUSIÓN.....	34

VIII. CONCLUSIONES.....	36
IX. LITERATURA CITADA.	¡Error! Marcador no definido.
X. ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz.....	4
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma</i> spp.	11
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos.....	22
Cuadro 4. Resultados del análisis físico-químico del suelo de Ahome.	26
Cuadro 5. Resultados del análisis físico-químico del suelo de Guasave.	27
Cuadro 6. Comparación de medias de variables morfológicas evaluadas en el cultivo de maíz inoculado con cepas de <i>Trichoderma</i> spp. como promotoras de crecimiento bajo condiciones de campo con sistema de riego por gravedad. Experimento 1: Lote de Ahome.....	29
Cuadro 7. Comparación de medias del rendimiento en grano de maíz (t ha ⁻¹) inoculado con cepas de <i>Trichoderma</i> spp. como promotoras de crecimiento bajo condiciones de campo, en el lote experimental 1: Ahome.....	30
Cuadro 8. Comparación de medias de variables morfológicas evaluadas en el cultivo de maíz inoculado con cepas de <i>Trichoderma</i> spp. como promotoras de crecimiento bajo condiciones de campo con sistema de riego por goteo. Experimento 2: Lote de Guasave.....	32
Cuadro 9. Comparación de medias del rendimiento en grano de maíz (t ha ⁻¹) inoculado con cepas de <i>Trichoderma</i> spp. bajo condiciones de campo en lote experimental2:Guasave.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lote experimental de Ahome (Google maps, 2021)..	20
Figura 2. Ubicación del lote experimental de Guasave (Google maps, 2021)..	20
Figura 3. Distribución de tratamientos en el sitio experimental.....	23

RESUMEN

El principal objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta de inoculación de cepas de *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa como promotoras de crecimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en dos zonas del norte de Sinaloa en el ciclo agrícola primavera-verano 2021. Se estableció el experimento en un lote de la zona de Guasave con riego por goteo y en un lote de la zona de Ahome con riego rodado. Se utilizó un diseño en parcelas divididas en bloques completamente al azar con tres repeticiones, se establecieron siete tratamientos en los cuales se evaluaron cuatro cepas de *Trichoderma* spp. nativas una cepa comercial de (*Trichoderma viride*) con dosis baja de fertilización sintética con 200 kg de Nitrógeno (N) ha⁻¹, como promotoras de crecimiento con dos testigos con dosis baja y alta de fertilización 200 y 300 kg. de N: los siete tratamientos fueron: T1= TF cepa nativa (*Trichoderma virens*) + 200 kg N ha⁻¹; T2= C21 cepa nativa (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha⁻¹; T3= TJ7 cepa nativa (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha⁻¹; T4= TJ3 cepa nativa (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha⁻¹; T5= cepa comercial (*Trichoderma viride*) + 200 kg N ha⁻¹; T6= Testigo (sin cepa) + 200 kg N ha⁻¹; T7= Testigo (sin cepa) + 300 kg N ha⁻¹. A los 109 días después de siembra (dds), no se detectaron diferencias significativas en las variables de crecimiento vegetal como: altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo y volumen de raíz. Se evaluó a los 179 (dds) la cosecha con las variables del peso de 1000 granos, peso de mazorca y peso total de cosecha, se realizó un ANOVA a través del análisis estadístico SAS, el cual no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, en comparación con el testigo. Estos resultados indican que la inoculación con *Trichoderma* spp. promueve el crecimiento vegetal minimizando el uso de fertilizantes sintéticos sin afectar los rendimientos del cultivo de maíz y siguiendo los objetivos de desarrollo sustentable sobre la salud e inocuidad alimentaria.

Palabras claves: microorganismos benéficos, cepas nativas, biofertilización.

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the inoculation response of strains of *Trichoderma* spp. native to northern Sinaloa as growth promoters in corn cultivation (*Zea mays* L.) in two areas of northern Sinaloa in the spring-summer 2021 agricultural cycle. The experiment was established in a plot in the Guasave area with drip irrigation and in a plot in the Ahome area with rolling irrigation. A plot design divided into completely randomized blocks with three repetitions was used; seven treatments were established in which four strains of *Trichoderma* spp. were evaluated native and a commercial strain of *Trichoderma viride* were evaluated with a low dose of synthetic fertilization with 200 kg of Nitrogen (N) ha⁻¹, as growth promoters with two controls with low and high doses of fertilization 200 and 300 kg N ha⁻¹: the seven treatments were: T1= TF native strain (*Trichoderma virens*) + 200 kg N ha⁻¹; T2= C21 native strain (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha⁻¹; T3= TJ7 native strain (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha⁻¹; T4= TJ3 native strain (*Trichoderma* spp.) + 200 kg N ha⁻¹; T5 = commercial strain (*Trichoderma viride*) + 200 kg N ha⁻¹ ; T6= Control (without strain) + 200 kg N ha⁻¹; T7= Control (without strain) + 300 kg N ha⁻¹. At 109 days after sowing (dds), no significant differences were detected in plant growth variables such as: plant height, ear height, stem thickness and root volume. The harvest was evaluated at 179 (das) with the variables of 1000 grain weight, cob weight and total harvest weight, an ANOVA was carried out through SAS statistical analysis, which did not show significant differences between the treatments, in comparison with the witness. These results indicate that inoculation with *Trichoderma* spp. promotes plant growth by minimizing the use of synthetic fertilizers without affecting the yields of corn crops and following sustainable development objectives on health and food safety.

Keywords: beneficial microorganisms, native strains, biofertilization.

I. INTRODUCCIÓN.

Actualmente el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante en México por su superficie cultivada y su papel en la nutrición. Sinaloa es el mayor productor de este cultivo en México, con una superficie registrada de 489,457.23 hectáreas cultivadas en el año agrícola 2021. Su producción ascendió a 5.519.004,84 toneladas, correspondientes a un rendimiento promedio de 11,44 t ha⁻¹ por unidad de superficie (SIAP-SAGARPA, 2020). Sin embargo, es el cultivo de grano que requiere de las más altas cantidades de fertilizantes sobre todo nitrogenados para lograr obtener estos rendimientos.

El suministro de nutrientes a los cultivos se ha mantenido, especialmente en los últimos 30 años, aumentando las dosis de fertilizantes químicos. El uso de abonos verdes, la rotación de cultivos, residuos agrícolas y animales no se utilizan para mantener la fertilidad de los suelos agrícolas. Esto redujo significativamente el contenido de materia orgánica (MO) del suelo (Cabriales *et al.*, 2002).

Sinaloa practica una agricultura intensiva, que fomenta el uso de grandes cantidades de fertilizantes en la producción de hortalizas y cereales. Los nitratos son los contaminantes inorgánicos más conocidos, los que más contaminan las aguas subterráneas y plantean quizás los mayores riesgos para la salud (Armenta Bojórquez *et al.*, 2012).

El monocultivo de maíz (*Zea mays* L.) es la base de la economía de muchos hogares mexicanos, pero sufre por los altos costos de producción, precios de mercado y problemas de contaminación ambiental (principalmente erosión hídrica y eólica, compactación del suelo y fertilidad reducida). Por esto es de gran importancia la biofertilización para minimizar la fertilización química sin afectar los rendimientos de este importante cultivo en nuestro estado y en México (Altieri y Rosset, 2002).

Los bioestimulantes son una opción prometedora. Esto se debe a que este grupo de sustancias o microorganismos benéficos induce respuestas fisiológicas y morfológicas que conducen a mejoras en la adaptación, el crecimiento y la productividad de las plantas, especialmente en condiciones desfavorables (Valero *et al.*, 2023). Por ello la importancia de realizar más investigación de estos microorganismos benéficos.

Trichoderma spp. es un género de hongos del suelo distribuido por todo el mundo e incluye varias especies comúnmente utilizadas como agentes de control biológico. Los más utilizados en agricultura incluyen *T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. virens*, *T. longibrachiatum* y *T. viride*. Ocurren naturalmente en diferentes regiones y hábitats (Guzmán-Guzmán *et al.*, 2023).

Existen numerosos estudios científicos demostrando que varias especies de *Trichoderma* pueden producir fitohormonas de tipo auxina y giberelina principalmente, que se consideran promotoras del crecimiento en algunos cultivos agrícolas (López-Valenzuela *et al.*, 2022; Andrade-Hoyos *et al.*, 2023).

Los fertilizantes químicos son utilizados de manera indiscriminada y están causando graves desequilibrios en la fauna y flora. La biofertilización con microorganismos es un método utilizado en diversos cultivos, el uso de cepas no nativas presenta dificultades con su persistencia en el suelo, debido a factores como la variabilidad genética de los aislados y las condiciones de medio ambiente.

Reducir el uso de fertilizantes sintéticos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es de suma importancia, a través de la biofertilización con microorganismos seleccionando aislados nativos mejor adaptados a las condiciones de suelo y clima de la zona donde serán utilizados. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar aislados de *Trichoderma* spp. nativos de la región norte de Sinaloa, sobre el efecto en la promoción de crecimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de campo en diferentes tipos de suelo y región.

II. ANTECEDENTES.

2.1. El cultivo de maíz.

2.1.1. Importancia.

El maíz es un cultivo representativo de México, es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria. El maíz es un cultivo representativo de México por su importancia económica, social y cultural. Su producción se divide en blanco y amarillo, el maíz blanco se destina principalmente al consumo humano, mientras que la producción de maíz amarillo se destina a la industria o la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria. De acuerdo con cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el 54.5% del maíz blanco se produce en cuatro estados: Sinaloa, Jalisco, México y Michoacán y el 59.0% de la producción de maíces de otros colores se concentra en México y Chiapas. En 2020 el estado de Sinaloa fue el principal productor de maíz grano en México con 6,298,369 toneladas (23.0%), seguido por Jalisco con 3,943,009 toneladas (14.4%) y 2,062,602 con 7.5 toneladas (7.5%), por lo que estas 3 entidades representaron el 44.9% de la producción nacional (SIAP-SAGARPA, 2020).

La elección de híbridos, manejo eficiente de la fertilización, riego, protección de cultivos y uso de paquetes tecnológicos, sumados a la experiencia del agricultor en la producción de cultivos, son los principales factores que influyen en el rendimiento del cultivo de maíz (SIAP, 2022).

2.1.2. Clasificación taxonómica del maíz.

Clasificación taxonómica del maíz según Valladares (2010) (cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica maíz

Reino	Plantae
Sub Reino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Sub Clase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Sub Familia	Panicoideae
Tribu	Maydeae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>

2.1.3. Descripción botánica del maíz.

Alimento básico para los pobladores de Mesoamérica y otras regiones del continente americano, el maíz constituye también uno de los cereales más cultivados y consumidos en todo el planeta. La planta del maíz es una especie anual de tallo alto y recto que alcanza alrededor de 2.5 metros de altura y que posee varios entrenudos a lo largo, desde donde crece cada hoja. Estas hojas lanceoladas son muy largas; miden hasta 120 centímetros de longitud y unos 9 centímetros de ancho. *Zea mays* produce una inflorescencia masculina y una femenina. Las inflorescencias se componen de grupos de flores sobre una estructura, normalmente el extremo de un tallo o de una hoja. En este caso, la inflorescencia masculina se desarrolla sobre una espiga y produce polen, mientras que la inflorescencia femenina es una espiga. Ahora que el maíz es una planta de cultivo, no puede liberar semillas sin la intervención humana. A inicios de verano comienzan a aparecer las flores masculinas y las femeninas sobre la misma planta, así que se trata de una especie monoica. El ovario femenino desarrolla un estilo largo que es el que recibe el polen. El fruto es una mazorca con granos dispuestos en hileras juntas. Cada grano es una semilla y un fruto independiente. De acuerdo con la variedad, tarda 80-120 días en madurar. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar

un perfecto anclaje a la planta y así como la absorción de agua y nutrientes. Las duraciones de las etapas fenológicas de los cultivos están relacionadas directamente con las condiciones climáticas de un determinado sector geográfico y sostiene que el maíz presenta las siguientes etapas fenológicas: VE (Emergencia), V1 (Primera hoja), V2 (Segunda hoja), Vn (enésima hojas), VT (panojamiento), R1 (Emergencia de estigmas), R2 (Cuaje o ampolla), R3 (grano lechoso), R4 (grano pastoso), R5 (Grano duro o dentado) y R6 (madurez fisiológica) (SIAP-SAGARPA, 2020).

2.1.4. Fechas de siembra.

La fecha de siembra comprende desde el 1 de septiembre hasta el 31 de diciembre, los mejores rendimientos se obtienen en siembras de noviembre. Para el Valle del Fuerte, del 15 de octubre al 15 de diciembre la práctica más común es sembrar en húmedo.

2.1.5. Raíz.

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias dichos sistemas están formados por una raíz primaria lo cual tiene un periodo de vida corto y luego dan lugar a otras raíces adventicias que emergen por la corona del tallo y nudos crecen por debajo de la superficie del suelo, estas poseen otras raíces que la ayudan a la absorción de diferentes nutrientes (Aguilar *et al.*, 2018).

2.1.6. Tallo.

Es erguido, sencillo y nudoso. Tiene surcos longitudinales en la parte inferior. Tiene una altura de unos 2 metros (lo más común aunque hay de mayor altura) con una serie de entrenudos de unos 16 cm (Agrosíntesis, 2012).

2.1.7. Hojas.

Rosero (2020), manifiesta que las hojas de maíz son largas, poseen un gran tamaño, lanceoladas, alternas y paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. El extremo de las hojas tiene características de

afilados y cortantes, Las hojas están diseñadas para introducir el agua, mediante las estomas a los tallos, y es entre la hoja y el tallo que se desarrolla la denominada mazorca.

2.1.8. Flores.

El maíz tiene dos tipos de flores, femeninas y masculinas. La flor masculina tiene forma de panícula y se la encuentra en la parte superior de la planta. La flor femenina se encuentra ubicada a media altura de la planta, está formada por muchas flores colocadas en una ramificación lateral y cubiertas por falsas hojas llamadas brácteas (Agrican, 2008).

2.1.9. Grano.

Grano se denomina cariósipide, no presentando latencia la semilla. El pericarpio está fundido con la testa de la semilla formando la pared del fruto. El fruto maduro consta de pared, embrión diploide y endospermo trípode. El pericarpio constituye alrededor 14 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, mayoritario, presenta unos valores en torno al 80-85%. El resto lo constituye la piloriza que es una pequeña estructura cónica encargada junto con el pedicelo de unir el grano a la espiga (OECD, 2003).

2.2. Clima y suelo.

2.2.1. Clima.

La temperatura para cultivar maíz debe oscilar entre los 24.4°C a 35.6°C, siendo 32°C la temperatura óptima para lograr una mayor producción. Requiere gran cantidad de luz solar, en climas muy húmedos el cultivo tiende a bajar el rendimiento. Para la germinación de la semilla la temperatura debe estar entre 15° a 27° C. Al momento de fructificar la planta necesita temperaturas que oscilen entre los 20 °C a 32 °C (DICTA, 2013).

2.2.2. Suelo.

Fuentes (2022) afirma que para la producción y desarrollo del cultivo de maíz se necesita un suelo de tipo arenoso y clasificado como tipo I, lo cual lo convierte apto para el cultivo, para que pueda darse sus condiciones de crecimiento, este tipo de suelo ayuda con la retención del agua para que la planta pueda mantener una humedad relativa.

2.3. Riegos.

Las etapas críticas del cultivo son: floración, polinización, formación y llenado de grano y en cada una de ellas normalmente se requiere de un riego de auxilio, es decir, cuatro riegos. La lámina en riego de auxilio debe ser de 8-10 centímetros y las tiradas de riego no mayores a 200-300 m (SIAP, 2020).

2.4. Fertilización.

El nitrógeno es considerado como uno de los minerales más esenciales en la agricultura, ayuda al desarrollo y crecimiento de la planta y a que esta obtenga un color verde más intenso. La fertilización nitrogenada en la agricultura tiene como fin satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo. El nitrógeno en la agricultura ayuda a elevar la producción del cultivo mejorando las capacidades de las plantas (IDAE, 2007).

2.4.1. Urea.

La urea es el fertilizante más utilizado en aplicaciones de nitrógeno sólido y tiene la mayor concentración de nitrógeno de 46 por ciento de N en forma de amida, con alta solubilidad (aproximadamente 1000 g L^{-1} a $20 \text{ }^\circ\text{C}$) (Martínez y Andrade, 2014).

El fertilizante más utilizado en agricultura, tiene apariencia granular, es altamente soluble en agua y tiene excelente movilidad en el suelo. La urea se vende en sacos de 50 kg. La aplicación de una bolsa de urea aporta 23 kg de nitrógeno a las plantas (INIFAP, 2022).

2.4.2. Sulfato de amonio.

Es una fuente de nitrógeno que rara vez se utiliza en la agricultura. Al igual que la urea, tiene alta solubilidad en agua y es muy móvil. Además de nitrógeno, este fertilizante también contiene azufre, que es muy importante para el crecimiento de las plantas. La concentración de sulfato de amonio es de 21% de nitrógeno y 24% de azufre, por lo que una bolsa de sulfato de amonio contiene 10 kg de nitrógeno y 12 kg de azufre (INIFAP, 2022).

2.5. Malezas.

Las malezas constituyen uno de los factores bióticos adversos de mayor importancia en los cultivos. En las regiones productoras de maíz indican la competencia entre la maleza y el cultivo: durante los primeros 30 días de su desarrollo ocasionan plantas cloróticas, de poco vigor y altura, lo que a su vez genera reducciones en los rendimientos. Las principales malezas están: Las malas hierbas son uno de los factores biológicos nocivos más importantes para los cultivos. En las zonas productoras de maíz, las malezas representan competencia entre las malezas y el cultivo. Durante los primeros 30 días después de la aparición de las malezas, las plantas se vuelven cloróticas menos vigorosas y más cortas, lo que resulta en un mayor crecimiento de las plantas. Esto conducirá a una disminución del rendimiento. Las malezas más importantes son: *Sorghum halepense*, *Echinochloa crusgalli*, *Cynodon dactylon*, *Leptochloa filiformis*, *Cynodon dactylon*, *Leptochloa filiformis*, *Helianthus annuus*, *Amaranthus* spp., *Parthenium hysterophorus*, *Convolvulus arvensis*, *Euphorbia heterophylla*, *Cucumis melo*, *Xanthium strumarium*, *Rumex crispus*, *Melilotus albus*, *Melilotus indicus* (Agrosintesis, 2012).

2.6. Plagas

El cultivo de maíz está sujeto a una variedad de factores limitantes de la producción, incluidas plagas y enfermedades que pueden afectar el cultivo en cada etapa de su desarrollo, causando importantes pérdidas económicas a través de la reducción de los rendimientos y la productividad, y causando daños a los productores, calidad del producto entre las principales plagas están Gusano cogollero (*Spodoptera*

frugiperda), Gusano soldado (*Spodoptera exigua*), Mosca pinta (*Euxesta stigmatis*), Barrenador del tallo (*Diatraea* spp.), pulgón (Hemiptera: Aphididae) (Negrete, 2003).

2.7. Enfermedades.

De León, C. (1984), publicó que entre las enfermedades del maíz mayormente difundidas a nivel mundial y sus agentes causales destacan los tizones (*Pythium*); pudrición de raíces por *Fusarium*, *Diplodia* y *Pythium*; pudrición de tallos en plantas jóvenes causada por *Erwinia* y *Pseudomonas* y después de la floración (*Diplodia*, *Fusarium*), así como la marchitez tardía (*Cephalosporium*), pudrición carbonosa (*Macrophomina*) y la pudrición de la mazorca (*Diplodia*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Nigrospora* y *Cladosporium*) entre otras.

2.8. Bioestimulantes.

Los bioestimulantes son sustancias orgánicas naturales, productos del reciclaje biológico o productos elaborados por el hombre que, aplicados al suelo, pueden sustituir parcial o totalmente a los fertilizantes químicos y mejorar la fertilidad o la capacidad de producción. Por tanto, la interpretación del término biofertilizante es muy amplia. Esto incluye todo, desde microorganismos hasta abonos verdes, fertilizantes y extractos de plantas (Vela Coyotl, *et al.*, 2018).

Son insumos formulados con uno o más microorganismos benéficos (hongos o bacterias) que aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos ofrecen beneficios significativos, como costos de producción reducidos, protección ambiental y aumento de la fertilidad del suelo y la biodiversidad. Los biofertilizantes son factibles y generalmente recomendados para su uso generalizado en cultivos intensivos (INTAGRI, 2021).

La importancia de los microorganismos del suelo “radica en su influencia en la disponibilidad de nutrientes a través de su capacidad para fijar, solubilizar, movilizar y reciclar compuestos necesarios para el crecimiento, la salud y la productividad de las plantas” (Martínez y Soto, 2022).

2.9. *Trichoderma* spp.

2.9.1. Importancia.

Los hongos de este género se encuentran en ambientes aeróbicos, especialmente en suelos con un pH entre neutro a ácido y alto contenido de materia orgánica. Los hongos de este género producen enzimas y se utilizan en diversas actividades comerciales para combatir patógenos que causan enfermedades en las plantas (Endara, 2009).

Trichoderma spp. es un hongo cosmopolita cuya importancia radica en su capacidad de adaptarse y producir metabolitos como enzimas, compuestos promotores del crecimiento vegetal y compuestos volátiles, que son de particular interés biotecnológico y ecológico. Este género se utiliza como agente de biocontrol contra hongos fitopatógenos debido a sus diversos modos de acción destacando antibióticos, parasitismo fúngico, competencia por espacio y nutrientes y producción de metabolitos secundarios. Varias especies de *Trichoderma* spp. se han utilizado en sistemas de fermentación acoplados sobre sustratos sólidos o cultivos sumergidos para degradar desechos lignocelulósicos y producir energía alternativa como el etanol. Como sistema de fermentación, los biorreactores optimizan las condiciones de cultivo y promueven la producción de biomasa y metabolitos. (Hernández *et al.*, 2019).

Zamudio *et al.* (2018), señala que en los últimos años el uso de bioestimulantes se ha convertido en una estrategia dentro de los programas de fertilización como coadyuvante a la fertilización del suelo. *Trichoderma* es uno de los agentes de control biológico de mayor éxito en el sector agrícola y está incluido en más del 60% de los fungicidas biológicos registrados en todo el mundo. Este microorganismo existe en el mercado como biopesticida, biofertilizante, promotor de crecimiento vegetal y solubilizador de nutrientes o descomponedor de materia orgánica en terrenos agrícolas (Hernández *et al.*, 2019).

Se ha demostrado que *Trichoderma* produce sustancias que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o promotores del meristemo primario de partes jóvenes (que pueden formar nuevas raíces), promoviendo la regeneración celular y un desarrollo más rápido que las plantas no tratadas con este microorganismo (Chuez, 2018).

Trichoderma tiene varias propiedades que promueven el crecimiento de las plantas, incluida la síntesis de fitohormonas, la producción de vitaminas, la solubilización de nutrientes, una mayor absorción y transferencia de nutrientes, el desarrollo de raíces más fuertes y una mayor tasa metabólica. Las cepas de *Trichoderma* que promueven el crecimiento vegetativo en plantas de tomate, lo que resulta en una mayor acumulación de biomasa, mayor altura y mayor longitud de raíces tanto a nivel de invernadero como de campo y aumenta el número de hojas. Los mejores resultados se obtuvieron con la especie *T. asperellum* (especie local), pero resultados similares se obtuvieron con la especie importada *T. asperelloides* (Rodríguez y Vargas, 2022).

2.9.2. Clasificación taxonómica de *Trichoderma* spp.

Clasificación taxonómica según el National Center for Biotechnology Information (NCBI, 2015) (cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Trichoderma* spp.

Reino	Fungí
Subreino	Dikarya
Phylum	Ascomycota
Subphylum	Pezizomycotina
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Hypocreaceae
Género	<i>Trichoderma</i>

2.9.3. Morfología.

El género *Trichoderma* es un hongo amorfo que se reproduce asexual y anaeróbicamente y se caracteriza por la forma en que se producen los conidios. Su reproducción sexual se produce a través de glándulas endocrinas. La mayoría de las especies de este género se encuentran en cultivos artificiales y producen una gran cantidad de conidios blancos o verdes. Según Hermosa *et al.* (2000), estos conidios se ubican al final de conidióforos ampliamente ramificados.

2.9.4. Características microscópicas.

Las estructuras del género *Trichoderma* spp., tiene estructuras microscópicas (hifas, esporas y clamidosporas) y macroscópicas (color de micelio, forma de micelio y crecimiento) (Mercado, 2023). Los conidióforos: son hialinos, erectos, se los puede encontrar solitarios o en grupo, forman anillos concéntricos, presentan coloración verde y poseen un tamaño de 66 por 3.7 μm ; Hifas: pueden presentarse de manera ancha, recta o flexible y son hialinas septadas; Fiálides: se encuentran en grupo o solas, se presenta como una botella delgada y alargada, se adhieren por el extremo del ángulo recto los conidióforos, asimétricos y tienen un tamaño de 10 por 3.1 μm ; Conidios: poseen esporas, son unicelulares (una sola célula) subglobosas, lisas de color verde y sobreviven en los ápices de las fiálides, miden 2.8 por 2.7 μm ; Clamidosporas: son aquellas estructuras que tienen como función la supervivencia de *Trichoderma* spp., presentan un tamaño entre 12.5 a 10 μm (Barnett y Hunter, 1998; Yumbay, 2011).

2.9.5. Ciclo de vida.

El organismo del hongo crece y se ramifica como una hifa típica de hongo, de 5 a 10 mm de diámetro. La esporulación asexual ocurre en forma unicelular, usualmente verde – los conidios (típicamente de 3 a 5 μ de diámetro) son liberados en grandes números. Las clamidosporas de apoyo intercaladas se forman también, unicelulares, aunque dos o más clamidosporas pueden ser fusionadas (Harman *et al.*, 2004).

2.9.6. Temperatura.

La temperatura óptima del desarrollo difiere entre las especies de *Trichoderma*. La mayoría son mesófilas y no pueden proteger la germinación de semillas contra enfermedades del suelo causadas por cepas fitopatógenas tolerantes al frío, durante condiciones de frío y humedad de otoño y primavera. En suelos forestales *T. viride* fue muy abundante al principio de la primavera y otoño, mientras que *T. koningii* obtuvo pico abundante en verano (Widden y Abitol, 1980).

2.9.7. Promoción de crecimiento vegetal.

Según Rodríguez-García y Vargas-Rojas (2022) *Trichoderma* spp. posee varios mecanismos para ayudar con la promoción del crecimiento de las plantas: síntesis de fitohormonas, producción de vitaminas, solubilización de nutrientes, aumento de la captación y translocación de nutrientes, mayor desarrollo de la raíz y aumentos en la tasa metabólica.

Muchas de las especies de hongos pertenecientes al género de *Trichoderma* spp. están asociadas de manera externa mediante las raíces de la planta o endófitamente que indica en el interior, por ello tiene la capacidad de promover el desarrollo y crecimiento de una especie vegetal mediante la producción de metabolitos como auxinas y giberelinas, también pueden disminuir el pH del suelo por medio de la producción de ácidos orgánicos como el ácido cítrico, glucónico y fumárico en donde se solubiliza elementos o compuesto químicos importantes para la planta como el hierro, manganeso o fosfatos (Hernández *et al.*, 2019).

Trichoderma spp. contribuye al crecimiento de las raíces de maíz y algunos pastos, haciendo que estos cultivos sean más resistentes a la sequía, también estimula la germinación y la altura de plantas de frijol con una ganancia en peso de 60% aproximadamente (Páez, 2006).

Además de su eficiente actividad en contra de hongos patógenos, *Trichoderma* spp. también promueve el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, la exposición a *T. virens* o *T. atroviride* incrementó la producción de biomasa de plántulas de *Arabidopsis* y estimuló el desarrollo de raíces laterales. Esta es una técnica novedosa que ha atraído la atención en los últimos años, ya que estos organismos promueven el crecimiento y al mismo tiempo inducen resistencia al estrés abiótico en la planta (Romero-Félix *et al.*, 2023).

III. HIPÓTESIS.

Cepas de *Trichoderma* spp. nativas tienen un efecto en la promoción de crecimiento en el cultivo de maíz bajo condiciones de campo mejorando la producción y reduciendo la dosis de fertilizante sintético nitrogenado.

IV. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de cepas de *Trichoderma* spp. nativas como promotores de crecimiento en maíz (*Zea mays* L.) en la región norte de Sinaloa.

4.2. Objetivos Específicos

- 1.- Evaluar el efecto promotor de crecimiento de cepas de *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa en variables morfológicas en el cultivo de maíz; altura de planta, diámetro de tallo, volumen de raíz, peso seco del follaje, peso de mazorca.
2. Evaluar el efecto de cepas de *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa en dos tipos de suelo y dos tipos de sistemas de riego.
3. Evaluar el efecto de inoculación con cepas de *Trichoderma* spp. a diferentes dosis de fertilización nitrogenada sintética sobre las variables de rendimiento en el cultivo de maíz: peso de 1000 granos, peso de mazorca y peso total de cosecha.

V. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. Origen de las cepas.

Este proyecto utilizó cuatro cepas (tres proporcionadas por la Directora de Tesis: TF, TJ7 Y TJ3, resguardadas en el cepario de microorganismos benéficos de la FAVF-UAS y una cepa proporcionada por el Codirector de Tesis: C21, resguardada en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del CIIDIR-SINALOA).

5.2. Producción del Inoculo con *Trichoderma* spp.

Se realizó la producción del inoculo mediante la técnica de Lewis y Papavizas, (1984), la cual consistió en colocar las cepas de nativas *Trichoderma* spp. resguardadas en cajas petri con PDA con las cepas: TF, TJ7, TJ3 y C21. se etiquetaron dejándolas en reposo a temperatura ambiente para su reactivación y reproducción. Para la reproducción del inoculo se prepararon bolsas de polipapel de 2 kilos con paja de trigo triturado y esterilizado a 120°C por 15 min. Sembrando en estas cada una de las cepas nativas resguardándolas a temperatura controlada por veinticinco días a 29°C esperando su crecimiento y esporulación.

5.2.1. Recolección de esporas de *Trichoderma* spp.

Se realizó la extracción de inoculo madre de cada una de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. mediante el lavado de las bolsas de paja de trigo en la cámara de aislamiento las cuales se añadieron a matraces Erlenmeyer con capacidad de 1 L, previamente esterilizados después se colocó el inoculo resguardado en refrigeración a 4°C hasta su utilización.

5.2.2. Concentración del inoculo.

Se determinó la concentración a 1 mL de inoculo, mediante la técnica del conteo de esporas, utilizando un hemocitómetro o cámara "Neubauer". Ésta consiste de una lámina de cristal de una dimensión aproximada a la de una lámina de portaobjetos, pero de mayor grosor, tiene ranuras en forma de H, con rieles a cada lado que sostienen un cubre objeto grueso especial a una distancia de 0.1 mm por encima de

las dos porciones interiores de la H, que forman dos cámaras entre éstas y el cubreobjetos. El fondo de cada una de las cámaras tiene un rayado “Neubauer” de 9 mm² (3 mm por lado) dividido en 9 cuadrados principales (C.P.) de 1 mm por lado, de los cuales se cuenta arbitrariamente el contenido de cinco: los cuatro de las esquinas y el central. Esto con el fin de calcular la concentración de esporas. Mediante dilución se llevó el inóculo a una concentración de 1×10^7 esporas mL⁻¹ para su aplicación.

5.2.3. Reproducción del inóculo madre a concentración de 1×10^7 esporas mL⁻¹

Se realizó la reproducción de 10 L de cada una de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. más la cepa comercial Funqui Q® en recipientes previamente esterilizados a concentración de 1×10^7 esporas mL⁻¹ resguardado en refrigeración a 4°C hasta su utilización.

5.3. Muestreo y Análisis del suelo.

Se realizó el muestreo de suelo previo a la siembra. Las muestras se embolsaron y etiquetaron con los datos de los dos lotes ubicados en Ahome y Guasave previo a establecer el cultivo de maíz. En cada muestreo se procedió a tomar una cantidad aproximada a 1 Kg de suelo, la muestra se secó bajo sombra a temperatura ambiente, sobre papel de estraza; posteriormente se molieron y se pasaron por un tamiz con malla de 2 mm, para su posterior análisis en el Laboratorio de Nutrición Vegetal perteneciente al CIIDIR-SINALOA. Las características físicas y químicas de cada muestra, se determinaron mediante los criterios establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM-021- RECNAT-2000) publicada en el Diario Oficial de la Federación.

El grado de acidez o alcalinidad de un suelo está determinado por la reacción del suelo (pH); la determinación de esta propiedad química se basa en la actividad del ion hidrógeno con la utilización de un potenciómetro. Se determinó en una suspensión 1:2 suelo- agua, a través del método AS-02 de la Norma Oficial Mexicana.

La conductividad eléctrica se estimó con un conductímetro, a través del método AS-18 de la NOM, cuyo material tiene la capacidad de transportar la corriente eléctrica empleando el sobrenadante de la mezcla del suelo y medir la cantidad de sales

solubles presentes en dicha muestra de suelo.

El análisis de textura del suelo, se llevó a cabo a través del método AS-09, bajo el procedimiento del Hidrómetro de Bouyoucos. Este consistió en determinar el porcentaje de arena, limo y arcilla presentes en la muestra para posteriormente obtener el resultado en el Triángulo de Texturas.

El análisis de fósforo fue determinado por el Método de Olsen correspondiente al AS-10, utilizando una solución extractora de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) con $\text{pH}=8.5$, además de una solución reductora de molibdato de amonio $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ más ácido ascórbico. La lectura de los datos se tomó en un colorímetro de UV visible a 882 nm. Previamente se leyó una curva de calibración de fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4) con concentraciones conocidas que iban de 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8 partes por millón (ppm); posteriormente se realizaron los cálculos en base a la curva de calibración obtenida tomando en cuenta la siguiente fórmula:

$$\mathbf{P \text{ (mg K-1 de suelo)} = CC \times Vi/p \times Vf/a}$$

Donde:

CC=mg L⁻¹ de P en la solución. Se obtiene graficando la curva de calibración (absorbancia contra mgL⁻¹) e interpolando en la misma, los valores de absorbancia de las muestras analizadas a las cuales previamente se les ha estado el valor promedio de los blancos, ó por medio de una regresión simple.

Vi = volumen de la solución extractora adicionada.

p = peso de la muestra de suelo seca al aire.

Vf = volumen final de la solución colorimétrica a leer.

a = alícuota de la muestra empleada para la cuantificación.

La materia orgánica del suelo, se determinó con el método de Walkley y Black (1934) correspondiente al método AS-07 de la Norma Oficial Mexicana, a través del contenido de carbono orgánico. Este se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo, por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Después de 30 min de reposo, la mezcla se diluyó, se adicionó ácido fosfórico para evitar interferencias de Fe^{3+} y el dicromato de potasio residual fue valorado con sulfato ferroso.

Los cálculos se realizaron bajo la siguiente fórmula:

$$\mathbf{\% \text{ C orgánico} = \frac{B - T(N) (0.39) m c f}{g}}$$

Donde:

B = volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el testigo (mL).

T = volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (mL).

N = normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras).

g = peso de la muestra empleada (g).

mcf=factor de corrección de humedad.

% Materia orgánica = % C Orgánico x 1.724

Para determinar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+}) de los suelos se utilizó el Método AS-12, empleando acetato de amonio 1N, pH 7.0, como solución saturante. El método consistió en la saturación de la superficie de intercambio con un catión índice, el ion amonio; lavado del exceso de saturante con alcohol; desplazamiento del catión índice con potasio y determinación del amonio mediante destilación.

5.4. Establecimiento de los dos experimentos en campo (Experimento 1: lote Ahome y Experimento 2: lote Guasave).

Los dos experimentos se establecieron durante el ciclo agrícola Primavera-Verano en el mes de febrero de 2020, utilizando el híbrido de maíz Dekalb® 40-50.

5.4.1. Ubicación y localización de la zona de estudio.

5.4.1.1. Lote experimental 1: Ahome.

El experimento 1, se estableció en el Municipio de Ahome, Sinaloa, México, ciclo agrícola Primavera-Verano 2020-2021, en un lote agrícola correspondiente a un productor cooperante, ubicado sobre la carretera Los Mochis-Ahome con coordenadas: Latitud: 25°54'32.06" norte, Longitud: 109° 9'8.02" (figura 1).



Figura 1. Ubicación del lote experimental de Ahome (Google maps, 2021).

5.4.1.2. Lote experimental 2: Guasave.

El experimento 2, se realizó durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2020-2021 en el lote experimental de las Instalaciones del CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, con Dirección: Bulevar Juan de Dios Bátiz #250, Col. San Jochan, Guasave, Sinaloa, con coordenadas: Latitud: 25°32'49.27" norte, Longitud: 108°28'59.44" oeste (figura 2).



Figura 2. Ubicación del lote experimental de Guasave (Google maps, 2021).

5.4.2. Preparación del terreno.

En el lote experimental de Ahome: se realizó la preparación del terreno consistiendo en rastreo, bordeado para riego rodado gravedad, con tierra en punto de humedad se tumbaron bordos y rastreó para siembra. En el lote experimental de Guasave se realizó la preparación del terreno consistiendo en rastreo, marca de surcos a 0.75 m, instalación de sistema de riego por goteo. Se realizó aplicación de herbicida previo a la siembra para evitar competencia de malezas con el cultivo.

5.4.3. Fertilización.

En el experimento 1 en Ahome, se aplicó fertilizante nitrogenado (N) a base de Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), tratamientos con 200 Kg de N ha^{-1} (24 surcos) y tratamiento con 300 Kg de N ha^{-1} (4 surcos) al momento de la siembra, de forma mecanizada.

En el experimento 2 en Guasave, se aplicó fertilizante nitrogenado a base de Sulfato de Amonio (NH_4NO_3), tratamientos con 200 Kg de N ha^{-1} (24 surcos) y tratamiento con 300 Kg de N ha^{-1} (4 surcos). En lote de Guasave se fertilizó a mano tapando con azadón antes de la siembra.

5.4.4. Desinfección e Inoculación de semillas.

La desinfección de semillas se realizó con un lavado utilizando abundante agua destilada hasta eliminar la mayor cantidad de productos químicos contenidos por la certificación de la semilla y posteriormente se lavó 3 veces con agua destilada estéril. La inoculación se realizó de la siguiente manera: la semilla se impregnó con la cantidad de 3 mL de inóculo en concentración de 1×10^7 esporas mL^{-1} . Se agitó por 1 min y dejamos en reposo por 12 horas, cada uno de los 7 tratamientos, el híbrido utilizado fue Dekalb® 4050.

5.4.5. Marca de tratamientos en los dos lotes experimentales.

Se midieron los dos lotes de acuerdo a las especificaciones del diseño de experimentos en parcelas divididas en bloques completamente al azar con tres repeticiones marcándolos con cal para la siembra.

5.4.6. Siembra.

Se utilizó híbrido Dekalb® 4050, se realizó con tractor y sembradora de precisión una distancia de 0.75m entre surcos asegurando de 8-9 semillas por metro lineal en los dos experimentos, se limpiaron y desinfectaron los botes de la sembradora de precisión con alcohol a 96% y agua destilada en cada tratamiento para evitar contaminación de inóculos con cepas de *Trichoderma* spp.

5.4.7. Riegos

En el experimento de Ahome se aplicó un riego pesado en presiembra, el primer riego de auxilio se aplicó a los 58 dds, el segundo a los 79 dds y el tercer (último) riego se aplicó a los 110 dds con láminas suficientes para cubrir las necesidades hídricas del cultivo en sistema de riego por gravedad y en el experimento dos Guasave se realizaron los riegos con sistema riego por goteo, con intervalos cortos y monitoreando la humedad en todo el ciclo del cultivo.

5.4.8. Descripción de tratamientos y área experimental.

En los dos lotes experimentales se estableció el cultivo de maíz de primavera-verano bajo condiciones riego por gravedad en el lote de Ahome y riego por goteo en el lote de Guasave. Se establecieron 7 tratamientos: 5 tratamientos con cepas de *Trichoderma* spp. nativas, más fertilización química convencional ya descrita para cada experimento a dosis baja (200 Kg de N ha⁻¹ para los cinco tratamientos y un testigo); el testigo correspondiente a dosis alta (300 Kg de N ha⁻¹) (cuadro 3).

El área de cada unidad experimental estaba representada por cuatro surcos, cada uno de 0.75 m. por 10 m. Cada parcela experimental consistió de 30 m² de área total. Quedando un total de 21 unidades experimentales con un área total de 630 m².

Cuadro 3. Descripción de tratamientos.

Tratamientos	Cepas de <i>Trichoderma</i> spp / Fertilización nitrogenada
1	TF/200 Kg N ha ⁻¹
2	C21/200 Kg N ha ⁻¹
3	TJ7/200 Kg N ha ⁻¹
4	TJ3/ 200 Kg N ha ⁻¹
5	<i>Trichoderma</i> Comercial (Funqui Q) / 200 Kg N ha ⁻¹
6	Testigo sin cepa / 200 Kg N ha ⁻¹
7	Testigo sin cepa / 300 Kg N ha ⁻¹

5.4.9. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de experimentos en parcelas divididas en bloques completamente al azar con tres repeticiones (figura 3).

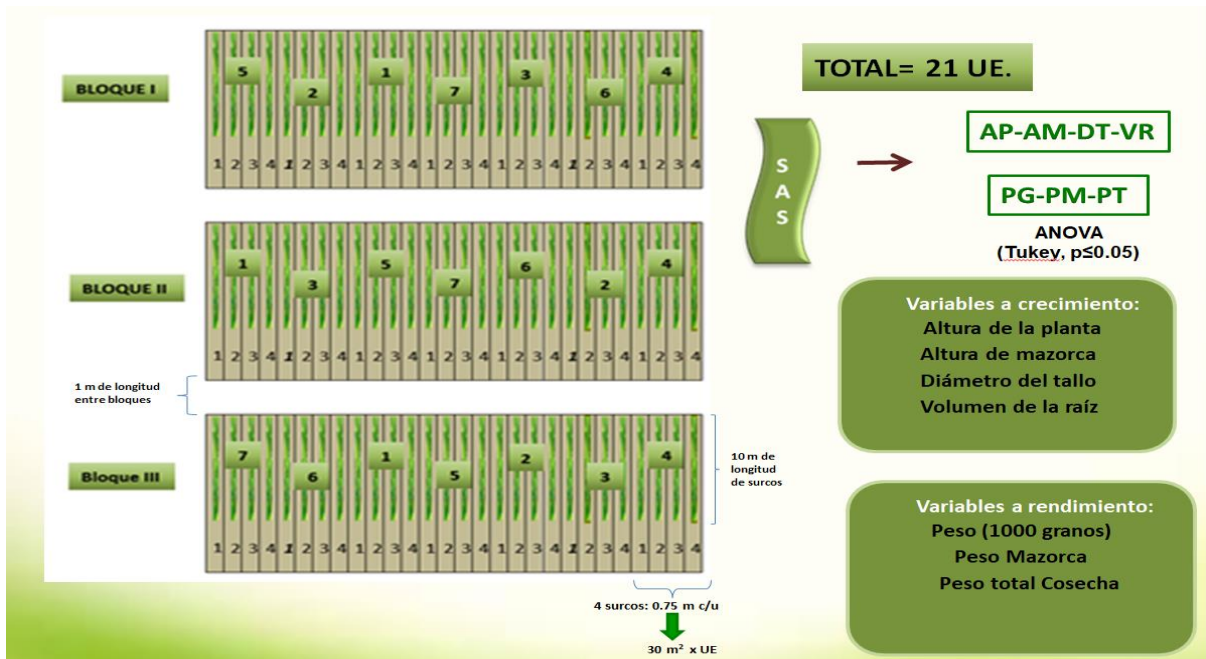


Figura 3. Distribución de tratamientos en el sitio experimental.

5.4.10. Análisis de los datos.

Los resultados para la evaluación en campo de las cepas de *Trichoderma* spp. nativas con efecto en la promoción de crecimiento vegetal en maíz se sometieron a un análisis de varianza empleando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS software versión 9.1, 2004) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) del mismo programa.

5.5. Evaluación de variables de crecimiento de la planta.

5.5.1. Altura de planta.

Para medir la altura de planta, se utilizó una regla graduada en dos plantas al azar considerando como altura de la planta la longitud comprendida desde el cuello hasta el último brote, para obtener el promedio de altura, la que se reportó en (cm). En cada una de las 21 unidades experimentales, este parámetro se midió, en etapa vegetativa a los 109 (dds).

5.5.2. Altura de mazorca.

Para medir la altura mazorca, se utilizó una regla graduada en dos plantas al azar considerando como altura de la planta la longitud comprendida desde el cuello hasta la altura de la primera mazorca, para obtener el promedio de altura, la que se reportó en (cm). En cada una de las 21 unidades experimentales, este parámetro se midió, en etapa vegetativa a los 109 (dds).

5.5.3. Diámetro de tallo.

En la medición del diámetro de tallo, se utilizó un Vernier, se midieron dos plantas al azar, considerando como punto clave el cuello de la planta y se promediaron los datos obtenidos reportándose en (mm) en las 21 unidades experimentales este parámetro se midió, en etapa vegetativa a los 109 (dds).

5.5.4. Volumen de raíz.

El volumen de raíces fue evaluado mediante la extracción de dos plantas al azar de las 21 unidades experimentales se cortó 10 cm. arriba de las anclas de la raíz se les cortó la raíz y se introdujeron en un recipiente con agua para ablandar el sustrato que las rodeaba, posteriormente se lavaron perfectamente con agua corriente. En una probeta de 100 mL se introducían las raíces y por desplazamiento del líquido se cuantificaba el volumen de raíces, reportándose en (mL).

5.6. Rendimiento.

Se realizó la cosecha de forma manual a los 179 (dds) y el mismo día se estimó la humedad a los granos. Con este dato se calculó el rendimiento por hectárea ajustando el resto de humedad a hasta un 14% en todas las unidades experimentales. Las mazorcas se desgranaron en forma manual. La humedad del grano fue determinada con el equipo Moisture Chek Plus™, marca John Deere®, modelo SW08120. En cada tratamiento el tamaño de la parcela útil fue de 8 metros de largo por 0.75 m de ancho de la cama de siembra, en cada repetición se cosecharon los dos surcos centrales; el área cosechada fue de 12.0 m².

5.6.1. Peso de mazorca.

Pesamos en báscula gramera cada una de las mazorcas de las 21 unidades experimentales, para sacar el promedio de peso de mazorca.

5.6.2. Peso de 1000 granos.

Desgranamos las mazorcas de cada una de las unidades experimentales para esta actividad se tomó 1000 granos de maíz para obtener el peso promedio procediendo a pesarlos en una báscula gramera y se tomó en cuenta el porcentaje de humedad del grano.

VI. RESULTADOS.

6.1. Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. como promotoras de crecimiento en el cultivo de maíz.

6.2. Análisis físico-químico del suelo: lote de Ahome y lote de Guasave.

6.2.1. Análisis de suelo perteneciente al lote de Ahome.

Los resultados indicaron una textura Arcillosa con valor de pH neutro, con contenido de sales dentro de los parámetros estándar de un suelo, materia orgánica MO (baja), Nitratos NO₃ (medio), fosforo P (bajo), Potasio K (alto), calcio Ca (alto), Magnesio Mg (muy alto), Sodio Na (alto), Hierro Fe (adecuado), Cobre Cu (adecuado), Zing Zn (adecuado), Manganeso Mn (adecuado) se presentaron en rango normal representativo de los suelos de aluvión de la región, y adecuado para el establecimiento del cultivo de maíz (cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados del análisis físico-químico del suelo, previo a la siembra del maíz híbrido Dekalb® 4050, en lote de Ahome.

Propiedades	Resultado
pH (1:2 suelo-agua)	7.1
C. E. (ds m ⁻¹)	0.18
M.O. (%)	1.35
NO ₃	50
P (ppm)	15.35
Ca (Cmol Kg ⁻¹)	21.54
Mg (Cmol Kg ⁻¹)	4.14
Na (Cmol Kg ⁻¹)	0.70
Fe (ppm)	11.54
Cu (ppm)	8.98
Zn (ppm)	5.98
Mn (ppm)	11.47
Arena (%)	35.50
Limo (%)	20.20
Arcilla (%)	44.50

6.2.2. Análisis de suelo perteneciente al lote de Guasave.

Los resultados indicaron una textura Franco con valor de pH neutro, con contenido de sales dentro de los parámetros estándar de un suelo (Franco), materia orgánica MO (baja), Nitratos NO₃ (medio), fósforo P (bajo), Potasio K (alto), calcio Ca (alto), Magnesio Mg (muy alto), Sodio Na (alto), Hierro Fe (adecuado), Cobre Cu (adecuado), Zinc Zn (adecuado), Manganeso Mn (adecuado) se presentaron en rango normal representativo de los suelos de Franco de la región, y adecuado para el establecimiento del cultivo de maíz (cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados del análisis físico-químico del suelo, previo a la siembra del maíz híbrido Dekalb® 4050, en lote de Guasave.

Propiedades	Resultado
pH (1:2 suelo-agua)	7.2
C. E. (ds m ⁻¹)	0.11
M.O. (%)	1.42
NO ₃	50
P (ppm)	21.05
Ca (Cmol Kg ⁻¹)	1.40
Mg (Cmol Kg ⁻¹)	19.65
Na (Cmol Kg ⁻¹)	0.70
Fe (ppm)	9.32
Cu (ppm)	6.35
Zn (ppm)	7.32
Mn (ppm)	12.54
Arena (%)	41.50
Limo (%)	17.50
Arcilla (%)	41.00

6.3. Variables medidas.

6.3.1. Experimento 1: Lote de Ahome.

6.3.1.1. Altura de planta.

La evaluación de Altura de planta realizada a los 109 dds, indicó que no se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 1 presento el mayor valor 3.05 m y el tratamiento 2 presento el menor valor 2.63 m (cuadro 6).

6.3.1.2. Altura de mazorca.

La evaluación de altura de mazorca realizada a los 109 dds, indicó que no se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 4 presento el mayor valor 1.59 m y el tratamiento 5 presento el menor valor con 1.44 m (cuadro 6).

6.3.1.3. Diámetro de tallo.

La evaluación de diámetro de tallo realizada a los 109 dds, indicó que no se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 7 presento el mayor valor 27.16 mm y el tratamiento 2 presento el menor valor con 20.33 mm (cuadro 6).

6.3.1.4. Volumen de raíz.

La evaluación de Volumen de raíz realizada a los 109 dds, el tratamiento 7 presento el mayor valor 101.67 mL y el tratamiento 6 presento el menor valor 65.0 mL sin diferencias significativas ($p \leq 0.05$) (cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de medias de variables morfológicas evaluadas en el cultivo de maíz inoculado con cepas de *Trichoderma* spp. como promotoras de crecimiento bajo condiciones de campo con sistema de riego por gravedad. Experimento 1: Lote de Ahome.

No. TRAT.	DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS	AP (m)	AM (m)	DT (mm)	VR (mL)
1	<i>Trichoderma virens</i> (TF) con 200 Kg N ha ⁻¹	3.05 a	1.56 a	27.00 a	95.00 a
2	<i>Trichoderma</i> spp. (C21) con 200 Kg N ha ⁻¹	2.63 a	1.48 a	20.33 a	95.00 a
3	<i>Trichoderma</i> spp. (TJ3) con 200 Kg N ha ⁻¹	2.91 a	1.53 a	21.33 a	93.33 a
4	<i>Trichoderma</i> spp. (TJ7) con 200 Kg N ha ⁻¹	2.95 a	1.59 a	24.66 a	68.33 a
5	<i>Trichoderma viride</i> (Funqui Q07) con 200 Kg N ha ⁻¹	2.90 a	1.44 a	25.33 a	70.00 a
6	Sin cepa con 200 Kg N ha ⁻¹	2.80 a	1.50 a	20.50 a	65.00 a
7	Sin cepa con 300 Kg N ha ⁻¹	2.94 a	1.48 a	27.16 a	101.67 a
	<i>F</i>	1.16	0.71	2.24	3.02
	<i>P</i>	<0.3962	<0.4821	<0.1001	<0.0416

Medias con letras iguales no son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

F=prueba de Fisher

P=probabilidad estadística

6.3.1.5. Resultado de variables de rendimiento lote experimental 1: Ahome.

6.3.1.5.1. Peso de 1000 granos.

La evaluación de Peso de 1000 granos realizada a los 179 dds, indicó que no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 4 presentó el mayor valor 304.0 g y el tratamiento 5 presentó el menor valor 272.33 g (cuadro 7).

6.3.1.5.2. Peso de mazorca.

La evaluación de peso promedio de mazorca realizada a los 179 dds, indicó que el experimento de Ahome hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) sólo entre los tratamientos 1, 4 y 7 con el tratamiento 6, donde el tratamiento 7 presentó el mayor valor 153.40 g mientras el tratamiento 6 presentó el menor valor 84.98 g (cuadro 7).

6.3.1.5.3. Peso total de cosecha.

La evaluación de Peso total de cosecha realizada a los 179 dds, indicó que el experimento en Ahome hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) solo entre el tratamiento 7 y el tratamiento 6, donde el tratamiento 7 presento el mayor valor 9.08 t ha⁻¹ mientras el tratamiento 6 presentó el valor más bajo con 5.02 t ha⁻¹ (cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias del rendimiento en grano de maíz (t ha⁻¹) inoculado con cepas de *Trichoderma* spp. como promotoras de crecimiento bajo condiciones de campo, en el lote experimental 1: Ahome.

No. TRAT.	DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS	PG (1000 granos) (g)	Peso Mazorca (g)	Peso total Cosecha (t ha ⁻¹)
1	<i>Trichoderma virens</i> (TF) con 200 Kg N ha ⁻¹	290.33 a	139.18 a	8.473 ab
2	<i>Trichoderma</i> spp. (C21) con 200 Kg N ha ⁻¹	276.67 a	119.77 ab	7.360 ab
3	<i>Trichoderma</i> spp. (TJ3) con 200 Kg N ha ⁻¹	288.33 a	123.22 ab	7.493 ab
4	<i>Trichoderma</i> spp. (TJ7) con 200 Kg N ha ⁻¹	304.00 a	139.90 a	8.123 ab
5	<i>Trichoderma viride</i> (Funqui Q07) con 200 Kg N ha ⁻¹	272.33 a	136.71 ab	7.803 ab
	1			
6	Sin cepa con 200 Kg N ha ⁻¹	273.33 a	84.98 b	5.020 b
7	Sin cepa con 300 Kg N ha ⁻¹	302.67 a	153.40 a	9.083 a
	<i>F</i>	1.82	5.09	3.55
	<i>P</i>	<0.1696	<0.0061	<0.0242

Medias con letras iguales no son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

F=prueba de Fisher

P=probabilidad estadística

6.3.2. Experimento 2: Lote de Guasave.

6.3.2.1. Altura de planta.

La evaluación de altura de planta realizada a los 109 dds, indicó que no se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 6 presentó el mayor valor 3.06 m y el tratamiento 5 y 7 presentaron el menor valor 2.88 m (cuadro 8).

6.3.2.2. Altura de mazorca.

La evaluación de altura de mazorca realizada a los 109 dds, indicó que no se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 6 presentó el mayor valor 1.65 m y el tratamiento 7 presentó el menor valor con 1.50 m (cuadro 8).

6.3.2.3. Diámetro de tallo.

La evaluación de diámetro de tallo realizada a los 109 dds, indicó que no se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 4 presentó el mayor valor 33.66 mm y el tratamiento 1 presentó el menor valor 22.12 mm (cuadro 8).

6.3.2.4. Volumen de raíz.

La evaluación de Volumen de raíz realizada a los 109 dds, indicó que no se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 4 presentó el mayor valor 131.67 mL y el tratamiento 5 presento el menor valor 70.00 mL (cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias de variables morfológicas evaluadas en el cultivo de maíz inoculado con cepas de *Trichoderma* spp. como promotoras de crecimiento bajo condiciones de campo con sistema de riego por goteo. Experimento 2: Lote de Guasave.

No. TRAT.	DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS	AP (m)	AM (m)	DT (mm)	VR (mL)
1	<i>Trichoderma virens</i> (TF) con 200 Kg N ha ⁻¹	3.02 a	1.55 a	22.12 a	106.67 a
2	<i>Trichoderma</i> spp. (C21) con 200 Kg N ha ⁻¹	2.95 a	1.61 a	32.50 a	85.00 a
3	<i>Trichoderma</i> spp. (TJ3) con 200 Kg N ha ⁻¹	3.04 a	1.61 a	33.00 a	118.33 a
4	<i>Trichoderma</i> spp. (TJ7) con 200 Kg N ha ⁻¹	2.95 a	1.56 a	33.66 a	131.67 a
5	<i>Trichoderma viride</i> (Funqui Q07) con 200 Kg N ha ⁻¹	2.88 a	1.53 a	30.50 a	70.00 a
6	Sin cepa con 200 Kg N ha ⁻¹	3.06 a	1.65 a	31.88 a	95.00 a
7	Sin cepa con 300 Kg N ha ⁻¹	2.88 a	1.50 a	29.00 a	96.67 a
	<i>F</i>	4.55	3.52	1.08	1.79
	<i>P</i>	<0.0096	<0.0247	<0.4362	<0.1744

Medias con letras iguales no son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

F=prueba de Fisher

P=probabilidad estadística

6.3.3. Resultado de variables de rendimiento lote experimental 2: Guasave.

6.3.3.1. Peso de 1000 granos.

La evaluación de Peso de 1000 granos realizada a los 179 dds, indicó que no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 3 presento el mayor valor 308.33 g y el tratamiento 7 presento el menor valor 281.33 g (cuadro 9).

6.3.3.2. Peso de mazorca.

La evaluación de peso promedio de mazorca realizada a los 179 dds, indicó que el experimento no existió diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 3 presento el mayor valor 192.37 g mientras el tratamiento 4 presento el menor valor 156.78 g (cuadro 9).

6.3.3.3. Peso total de cosecha.

La evaluación de Peso total cosecha realizada a los 179 dds, indicó que el experimento no existió diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el tratamiento 5 presento el mayor valor 12.88 t ha⁻¹ mientras el tratamiento 7 presento el menor valor 9.19 t ha⁻¹(cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de medias del rendimiento en grano de maíz (t ha⁻¹) inoculado con cepas de *Trichoderma* spp. bajo condiciones de campo en lote experimental 2: Guasave.

No. TRAT.	DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS	PG (1000 granos) (g)	Peso mazorca (g)	Peso total COSECHA (t ha ⁻¹)
1	<i>Trichoderma virens</i> (TF) con 200 Kg N ha ⁻¹	298.00 a	170.78 a	10.220 a
2	<i>Trichoderma</i> spp. (C21) con 200 Kg N ha ⁻¹	296.00 a	181.06 a	11.857 a
3	<i>Trichoderma</i> spp. (TJ3) con 200 Kg N ha ⁻¹	308.33 a	192.37 a	11.937 a
4	<i>Trichoderma</i> spp. (TJ7) con 200 Kg N ha ⁻¹	285.00 a	156.78 a	10.108 a
5	<i>Trichoderma viride</i> (Funqui Q07) con 200 Kg N ha ⁻¹	304.67 a	170.18 a	12.887 a
6	Sin cepa con 200 Kg N ha ⁻¹	303.33 a	158.43 a	10.520 a
7	Sin cepa con 300 Kg N ha ⁻¹	281.33 a	165.41 a	9.190 a
	<i>F</i>	0.93	3.57	2.58
	<i>P</i>	<0.5274	<0.0237	<0.0679

Medias con letras iguales no son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

F=prueba de Fisher

P=probabilidad estadística

VII. DISCUSIÓN.

Los resultados de acuerdo con las variables fisiológicas medidas: altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), diámetro de tallo (DT) y volumen de raíz (VR) el análisis estadístico que utilizamos para la comparación de medias es Statistical Analysis System (SAS), resultados expresados en el cuadro 6 que pertenecen al experimento en Ahome y en el cuadro 8, que pertenece al experimento en Guasave, en cuanto al análisis de las variables que se midieron, las medias de los siete tratamientos no son significativamente diferentes entre sí. Según lo reportado por Palacios *et al.* (2023) en su investigación demostró la capacidad de los aislados de *Trichoderma* spp., obtenidos en la región Amazónica del Ecuador, como potenciales estimuladores radiculares, la aplicación del microorganismo puede optimizar la absorción de nutrientes, aumentar el crecimiento vegetal y mejorar la tolerancia a los estreses abióticos. La estimulación del desarrollo de las plantas de maíz que se describe en este estudio muy probablemente es el resultado sinérgico de la acción metabólica de cada microorganismo probado. *Trichoderma* spp., promovió la longitud de las raíces y pelos absorbentes, en comparación con los otros tratamientos sin inocular.

Jamauca López (2023), señala que la capacidad solubilizadora de las cepas de *Trichoderma* VA32, VA36, VA37, VA38, VA53 y VA62 aisladas en Colombia, muestra un gran potencial para su uso como microorganismos benéficos para la salud y el desarrollo de las plantas, demostrando las capacidades de *Trichoderma* como promotor de crecimiento en diversos medios ambientales.

Según lo reportado por Urgiles-Gómez *et al.* (2023), en un estudio sobre producción de café con microorganismos benéficos con potencial agrícola utilizando microorganismos promotores del crecimiento vegetal, *Trichoderma* spp. y rizobacterias, proporcionan una alternativa sostenible que reduce el uso de fertilizantes y pesticidas convencionales, mantiene la fertilidad fisicoquímica y promueve la diversidad microbiana del suelo.

Con estos resultados en los cuales no existieron diferencias significativas en cuanto a las variables morfológicas medidas entre tratamientos y los testigos de baja y alta fertilización, los tratamientos con cepas nativas promueven el crecimiento vegetal igualando los resultados del testigo con dosis normal de 300 kg ha⁻¹. Estos resultados comprueban que se pueden utilizar dosis bajas de fertilizante nitrogenado en plantas de maíz (*Zea mays* L.) al ser inoculadas con cepas de *Trichoderma* spp. nativas de la región donde fueron aisladas.

Los resultados obtenidos de acuerdo al rendimiento: peso de 1000 granos (PG), peso de mazorca (PM) y peso total de cosecha (PT) el análisis estadístico que utilizamos para la comparación de medias es Statistical Analysis System (SAS), resultados expresados en el cuadro 7 que pertenecen a experimento en Ahome y en el cuadro 9 que pertenece al experimento en Guasave, en cuanto al análisis de las variables que se midieron de los siete tratamientos el experimento de Guasave no son significativamente diferentes entre sí.

En Ahome en la variable peso de 1000 granos (PG), las medias no son significativamente diferentes entre sí, pero en las variables medidas en cuanto a peso de mazorca (PM) y peso total de cosecha (PT) si existieron diferencias significativas entre los tratamientos. En peso de mazorca (PM) el tratamiento 7 testigo con dosis alta de nitrógeno presentó el valor más alto con 153.4 g mientras el tratamiento 6 testigo con dosis baja de nitrógeno presentó el menor valor con 84.98 g así como en peso total de cosecha (PT) mostró un comportamiento muy similar resultando el tratamiento 7 con el mayor valor de cosecha con 9.083 t ha⁻¹, mientras el tratamiento 6 mostró el menor valor registrando 5.02 t ha⁻¹. Cabe resaltar que los tratamientos inoculados con cepas nativas de *Trichoderma* spp. presentaron valores muy similares al tratamiento 7 teniendo estas dosis bajas de nitrógeno registros que podemos observar en el (cuadro 7). Esto concuerda con lo reportado por López-Valenzuela et al. (2015), donde menciona en su investigación con aislados de *Trichoderma* nativos del norte de Sinaloa, en maíz mostraron una mayor respuesta como promotores de crecimiento vegetal a diferencia de las cepas no nativas, tanto en condiciones de invernadero como en campo.

VIII. CONCLUSIONES.

1. Las plantas de maíz inoculadas con cepas de *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa y aplicación de dosis baja de fertilizante nitrogenado (200 Kg de N ha⁻¹) en el lote experimental de Ahome y el lote experimental de Guasave, se comportaron igual las variables altura de planta, diámetro de tallo, volumen de raíz y altura de mazorca, comparadas con las plantas no inoculadas, pero con aplicación de dosis alta de fertilización nitrogenada (300 Kg de N ha⁻¹).
2. En el lote experimental de Ahome, en variables de rendimiento: peso de mazorca y peso total de cosecha se comportaron de la misma forma las plantas inoculadas con cepas de *Trichoderma* y aplicación de dosis baja de fertilizante nitrogenado en comparación con las no inoculadas pero con aplicación alta de fertilizante nitrogenado, lo cual demuestra que la inoculación si tiene un efecto favorable en la promoción de crecimiento vegetal.
3. Las cepas de *Trichoderma* nativas mostraron una respuesta similar como promotoras de crecimiento vegetal a diferencia de la cepa no nativa, en condiciones de campo en los dos experimentos: Lote de Ahome y Lote de Guasave.
4. Se confirma que *Trichoderma* en campo, puede reducir dosis baja de fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz (*Zea mays*), logrando rendimientos favorables minimizando la fertilización sintética, sin poner en riesgo la productividad de este cultivo, con el uso de estos microorganismos benéficos contribuyendo así al cuidado del suelo, medio ambiente y la salud humana.
5. La inoculación con cepas de *Trichoderma* spp. nativas, mostró una respuesta favorable de adaptación a los dos tipos de suelo y dos sistemas de riego evaluados.
6. Se recomienda seguir realizando investigaciones sobre bioinoculantes a base de *Trichoderma* spp. nativas, evaluando su efecto como promotores de crecimiento en distintos cultivos de importancia agrícola en Sinaloa.