



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TESIS

CON EL TEMA:

**“AISLAMIENTO E IDENTIFICACION MORFOLOGICA DE TRICHODERMA
SP, ASI COMO SU EVALUACION EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO EN EL
CULTIVO DE FRAMBUESA”**

QUE PRESENTAN:

**JOSE MANUEL PARDO RIZO
OMAR GUADALUPE SANCHEZ OCHOA**

ASESORA

DRA. MAYRA ITZCALOTZIN MONTERO CORTES

REVISORES

**DR. ARTURO MOISES CHAVEZ RODRIGUEZ
DR. JOAQUIN ALEJANDRO QUI ZAPATA**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIEROS EN AGRONOMÍA

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. ABRIL, 2025.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 13/Marzo/2025
No. DE OFICIO: D.SA/DEP/417/2025

ASUNTO: Autorización de impresión
definitiva y digitalización.

C. JOSE MANUEL PARDO RIZO
C. OMAR GUADALUPE SANCHEZ OCHOA
PASANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL: OPCIÓN I (TESIS), con el tema
"AISLAMIENTO E IDENTIFICACION MORFOLOGICA DE TRICODERMA SP, ASI COMO SU EVALUACION
EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO EN EL CULTIVO DE FRAMBUESA" y determinó que dan cumplimiento
con los requisitos establecidos, se les notifica que tienen la autorización para su impresión definitiva y
digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®



C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio

C.c.p.- Minutario. -

MIBR/RNP/VHPS/mjhc*



2025
Año de
**La Mujer
Indígena**

KM. 10 carretera a San Miguel Cuyutlán, Cto. Vicente Fernández
Gómez C.P.45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal. Tel. 33 29 02 11 30 ext.1015
e-mail: plan_tlajomulco@tecnm.mx www.tlajomulco.tecnm.mx





Instituto Tecnológico de Tlajomulco
Dirección
Subdirección Académica
Departamento de Ciencias Agropecuarias

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 11/Marzo/2025
No. DE OFICIO: D.SA/DCA/156/2025

ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

MTI. VIOLETA HAIDE PLAZOLA SOLTERO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	JOSE MANUEL PARDO RIZO
NO. DE CONTROL:	20940237
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"AISLAMIENTO E IDENTIFICACION MORFOLOGICA DE TRICODERMA SP, ASI COMO SU EVALUACION EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO EN EL CULTIVO DE FRAMBUESA"

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®



S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
ITTLA TLAJOMULCO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

 DRA. MAYRA ITZCALOTZIN MONTERO CORTES Nombre y firma del asesor	 DR. ARTURO MOISES CHAVEZ RODRIGUEZ Nombre y firma del revisor	 DR. JOAQUIN ALEJANDRO QUI ZAPATA Nombre y firma del revisor
---	---	---

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio

C.c.p.- Minutario. -

JAPN/mjhc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

KM. 10 carretera a San Miguel Cuyutlán, Cto. Vicente Fernández
Gómez C.P.45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal. Tel. 33 29 02 11 30 ext.1015
e-mail: plan_tlajomulco@tecnm.mx www.tlajomulco.tecnm.mx





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 11/Marzo/2025
No. DE OFICIO: D.SA/DCA/155/2025

ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

MTI. VIOLETA HAIDE PLAZOLA SOLTERO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	OMAR GUADALUPE SANCHEZ OCHOA
NO. DE CONTROL:	20940225
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"AISLAMIENTO E IDENTIFICACION MORFOLOGICA DE TRICODERMA SP, ASI COMO SU EVALUACION EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO EN EL CULTIVO DE FRAMBUESA"

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®



S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
TLAJOMULCO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

 DRA. MAYRA ITZCALOTZIN MONTERO CORTES Nombre y firma del asesor	 DR. ARTURO MOISES CHAVEZ RODRIGUEZ Nombre y firma del revisor	 DR. JOAQUIN ALEJANDRO QUI ZAPATA Nombre y firma del revisor
---	---	---

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario. -



2025
Año de
La Mujer
Indígena

KM. 10 carretera a San Miguel Cuyutlán, Cto. Vicente Fernández
Gómez C.P.45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal. Tel. 33 29 02 11 30 ext.1015
e-mail: plan_tlajomulco@tecnm.mx www.tlajomulco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar, expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesora interna, la Dra. Mayra I. Montero Cortes, por su valiosa orientación, apoyo incondicional y constante motivación a lo largo de este proceso. Su dedicación y profundo conocimiento han sido esenciales para guiarme en cada etapa de esta investigación.

Agradezco a la M.C. Ana Julia Cardoso Magaña por su valiosa colaboración, así como por compartir sus ideas y conocimientos. Su apoyo ha sido fundamental para ayudarme a superar los desafíos que han enriquecido este trabajo.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi esposa, Paulina de la Cruz Castillo, por su amor, comprensión y apoyo incondicional. Su aliento y paciencia han sido un pilar fundamental a lo largo de este camino.

No puedo dejar de agradecer a la empresa ALBA BERRY FARM por brindar los recursos necesarios y facilitar el acceso a información valiosa. Su apoyo ha sido fundamental para la realización de este proyecto.

A mis hijos, Julián y Aina Aurora, les agradezco por su alegría y por recordarme cada día la importancia de equilibrar la vida familiar con mis objetivos académicos. Ustedes han sido mi mayor inspiración.

Finalmente, expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que, de alguna manera, han contribuido a este proceso. Su apoyo ha sido invaluable en este camino.

Omar Guadalupe Sánchez Ochoa

Le doy gracias a Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida.

También quiero dar gracias al Instituto Tecnológico de Tlajomulco por darme los conocimientos que me serán de gran utilidad en mi vida laboral.

Quiero dar las gracias a la Dra. Mayra I. Montero Cortés, que fue mi asesora en este proyecto de Tesis y agradecer sus valiosos consejos para la realización de este.

Agradezco a mis padres y hermanos por su gran apoyo que me dieron a lo largo de mi etapa de estudiante.

Sin olvidar a compañeros y amigos que fueron importantes para que iniciará y concluyera este proyecto personal.

Jose Manuel Pardo Rizo

DEDICATORIAS.

A mis queridos hijos, Julian Sánchez y Aurora Sánchez, cuya presencia en mi vida es mi mayor fuente de inspiración. Su alegría, curiosidad y amor son la luz que guía mi camino y me motivan a superarme día a día. Deseo que este logro les enseñe que, con esfuerzo, constancia y determinación, no hay metas imposibles.

A mi esposa, Paulina, mi apoyo incondicional, por su amor inquebrantable, su paciencia infinita y su confianza en mí incluso en los momentos de incertidumbre. Gracias por estar siempre a mi lado, por ser mi fortaleza en las adversidades y mi compañera en cada paso de este recorrido. Sin ti, este logro no tendría el mismo significado.

A mi familia, con todo mi cariño, les dedico este trabajo como testimonio del esfuerzo compartido y del amor que nos une.

Con profundo agradecimiento,

Omar Guadalupe Sánchez Ochoa

A mis padres que fueron y son parte importante para mí, les dedico un logro más en mi vida y sin duda sé que después de este vendrán nuevos retos que me impulsarán a ser una mejor persona y profesionalista.

A mis hermanos que me dieron muchos ánimos, para no dejar este proyecto que inicie algunos años atrás muchas gracias de todo corazón.

Jose Manuel Pardo Rizo

RESUMEN

El principal objetivo de esta investigación es aislar, identificar y evaluar cepas de *Trichoderma spp* presentes en zonas agrícolas de Tuxpan, Jalisco, con el fin de determinar cuáles favorecen el crecimiento vegetativo de la planta de frambuesa *Rubus idaeus*. Para ello, se llevó a cabo el aislamiento de estos microorganismos a partir de suelos no cultivados, con el propósito de identificar las cepas endémicas de *Trichoderma spp* en la región. Posteriormente, dichas cepas serán reproducidas e inoculadas en el cultivo, con el objetivo de reducir el uso de agroquímicos, disminuir costos y preservar la microbiología natural del suelo.

Por otro lado, es importante destacar que, en México, la producción de frambuesa *Rubus idaeus* es intensiva y, en su mayoría, se lleva a cabo de manera convencional. Esto implica el uso de agroquímicos, lo que pone en riesgo la microbiología del suelo. Por ello, es fundamental identificar las cepas de *Trichoderma spp* presentes en la región y determinar su potencial para contribuir al equilibrio del suelo, favoreciendo así prácticas agrícolas más sostenibles.

La primera parte de esta investigación se centra en destacar las generalidades de *Trichoderma spp*, su papel como agente de control biológico y su función como bioestimulante. Se describen sus mecanismos de acción, su capacidad para mitigar el estrés causado por factores abióticos y su potencial patogénico. Asimismo, se analizan sus aplicaciones en la agricultura, especialmente como promotor del crecimiento vegetal. En la segunda parte, se describe el proceso de aislamiento de las muestras, en el cual se seleccionaron tres zonas: A, B y C. Finalmente, se observó el crecimiento de hongos, los cuales fueron separados según sus características morfológicas. Solo se aislaron aquellos que presentaban características propias de *Trichoderma spp*. Posteriormente, se conservaron mediante crioconservación para su preservación e identificación, con el fin de multiplicarlos y emplearlos en pruebas de cultivo. Finalmente, se llevó a cabo la inoculación en las plantas, destacándose el tratamiento T5, que mostró el mayor número de brotes, entrenudos y una mayor altura. Estos resultados sugieren que

esta cepa posee propiedades bioestimulantes. Del mismo modo, el tratamiento T3 presentó un buen desempeño en el desarrollo de las plantas durante los primeros siete días de evaluación, destacándose como uno de los mejores tratamientos en el desarrollo radicular

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	
INDICE DE CONTENIDO.....	v
1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	2
2.1 Importancia del cultivo	2
2.1.1 <i>Rubus idaeus</i>	2
2.2 Microorganismos benéficos.	3
2.3 <i>Trichoderma spp.</i>	4
2.4 Uso del <i>Trichoderma spp</i> en la agricultura.....	5
2.5 Importancia del aislamiento de <i>Trichoderma sp</i>	5
3. Problemática a resolver.....	8
4. Justificación.....	9
5. Objetivos	10
5.1 Objetivo general.....	10
5.1.1Objetivos particulares.....	10
6. Hipótesis.....	11
7.1 Selección de las zonas de muestreo.....	12
7.2 Proceso de toma y procesamiento de muestras de suelo.....	13
7.2.1 Toma de suelo.	13
7.2.2 Muestreo de suelo:	13
7.3 Medio de Cultivo THSM.	14
7.4 Aislamiento de hongos del suelo.....	14
7.5 Técnica de identificación (Microcultivo).....	15

7.6 Identificación morfológica de género.....	15
7.7 Suspensión de esporas.....	16
7.8 Conteo de esporas.....	16
7.9 Crioconservación.	17
7.9 Suspensión de esporas.....	18
7.10 Conteo de esporas.....	18
7.11 Crioconservación.	18
7.12 Condiciones de crecimiento y preparación del inóculo.	18
7.13 Inoculación de esporas de <i>Trichoderma</i> en plantas de frambuesa.	19
7.14 Evaluación de la respuesta de la inoculación de esporas de <i>Trichoderma</i>	19
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
8.1 Aislamiento de <i>Trichoderma</i>	20
8.2 Identificación morfológica de los aislados de <i>Trichoderma</i>	21
8.3 Aplicación de cepas de <i>Trichoderma</i> aisladas en plantas de frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>).	23
8.4 Peso fresco y peso seco.	27
8.5 Evaluación de nutrientes.	29
9. CONCLUSIONES.....	30
11. Bibliografía	31

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación de las zonas de muestreo de tierra para el aislamiento de <i>Trichoderma</i> spp, nativo	12
Tabla 2: Medio de cultivo THSM	14
Tabla 3 Aislamiento <i>Trichoderma</i> spp Tuxpan Jalisco	20
Tabla 4 Características de las cepas aisladas de <i>Trichoderma</i> spp.....	22
Tabla 5 Evaluación de las cepas de <i>Trichoderma</i> sp en el desarrollo de plantas de frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) durante 30 días	25
Tabla 6: Área Radicular.....	28
Tabla 7: Área Foliar	28

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de las zonas de muestreo (Googleearth).....	13
Figura 2: Aislamiento de hongos del suelo.....	15
Figura 3: Descripción de morfología de <i>Trichoderma</i> spp.....	16
Figura 4: Cámara de Neubauer. (Requena et al. Gil, 2020).....	17
Figura 5: Crioconservación.....	17
Figura 6: Selección de colonias.....	19
Figura 7: Morfología colonial y microscópica de cepas aisladas de <i>Trichoderma</i> spp.	23
Figura 8: Desarrollo de plantas de Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) T0.	26
Figura 9: Desarrollo de plantas de Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) T1 Y T2	26
Figura 10: Desarrollo de plantas de Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) T3 Y T4	27
Figura 11: Desarrollo de plantas de Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) T5 Y T6	27

1. Introducción

El cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*) ha visto un aumento significativo en su producción a nivel mundial en los últimos años, impulsado por la creciente demanda de berries debido a sus beneficios nutraceuticos. Las condiciones climáticas y la implementación de técnicas agrícolas modernas han permitido a los productores maximizar el rendimiento. En general, la productividad puede variar, pero se estima que, en condiciones óptimas, el rendimiento puede alcanzar entre 5 a 10 toneladas por hectárea.

En México, el interés por el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*) ha crecido, especialmente en los últimos cinco años. El país ha comenzado a posicionarse como un productor importante de berries, incluyendo la frambuesa. Las condiciones climáticas en ciertas regiones permiten obtener rendimientos competitivos. En general, los rendimientos en México pueden oscilar entre 8 a 12 toneladas por hectárea, dependiendo de la variedad y las prácticas de manejo.

Jalisco es el principal productor de frambuesa (*Rubus idaeus*) en México. La región ha desarrollado una infraestructura adecuada y ha adoptado tecnologías que favorecen la producción. En Jalisco, los rendimientos pueden ser aún más altos, alcanzando hasta 15 toneladas por hectárea en condiciones óptimas. La producción de frambuesa (*Rubus idaeus*) en este estado no solo es significativa desde el punto de vista económico, sino que también contribuye a la generación de empleo y al desarrollo rural.

Trichoderma sp. es un hongo ampliamente utilizado como agente de control biológico en la agricultura. Su éxito se debe a su capacidad para combatir hongos fitopatógenos, mejorar la salud del suelo y promover el crecimiento de las plantas. A nivel mundial, se ha convertido en una herramienta esencial para los agricultores que buscan reducir el uso de pesticidas químicos y mejorar la sostenibilidad de sus cultivos.

En México, el uso de *Trichoderma sp.* ha ido en aumento, especialmente en cultivos de berries, incluyendo la frambuesa (*Rubus idaeus*). Los agricultores están

adoptando prácticas más sostenibles y están interesados en métodos de control biológico para mejorar la salud de sus cultivos y su productividad. La investigación y el desarrollo en este campo están en crecimiento, lo que sugiere un futuro prometedor para su uso en la agricultura mexicana.

En Jalisco, el uso de *Trichoderma sp.* es cada vez más común entre los productores de frambuesa (*Rubus idaeus*). La región ha visto un aumento en la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, y muchos agricultores están implementando *Trichoderma sp.* como parte de su manejo integrado de plagas. Esto no solo ayuda a controlar enfermedades, sino que también mejora la calidad del suelo y la salud general de los cultivos.

2. Marco teórico

2.1 Importancia del cultivo

2.1.1 *Rubus idaeus*

Comúnmente conocido como frambuesa, es un arbusto perenne que pertenece a la familia de las rosáceas. Este cultivo es originario de Eurasia Central y del Norte, así como de América del Norte, donde se encuentran dos subespecies: *R. occidentalis* y *R. leucodermis*. Históricamente, la frambuesa ha sido valorada no solo por su sabor dulce y ácido, sino también por sus propiedades nutricionales y medicinales.

La frambuesa es rica en compuestos polifenólicos, vitaminas y minerales, lo que la convierte en un alimento altamente nutritivo. Además, se le atribuyen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. En la medicina tradicional, se ha utilizado para tratar diversas afecciones, incluyendo problemas digestivos y como un remedio para la fiebre.

En la actualidad, la frambuesa es un cultivo importante en muchas partes del mundo, especialmente en México con 135.000 toneladas (11.000 hectáreas); Estados Unidos, 119.532 toneladas (7.040 hectáreas); Serbia, 95.000 toneladas (12.000 ha); Polonia, 83.000 toneladas (28.000 ha); China, 55.680 toneladas (11.000 ha); Ucrania, 31.000 toneladas (5.500 ha); Chile 24.853 toneladas (6.000 ha); Reino Unido 16.700 toneladas (1.424 ha); Canadá 7.653 toneladas (1.775 ha);

Bulgaria 7.500 toneladas (2.180 ha); otros 62.000 toneladas (7.000 ha). (León, 2022)

Su producción ha aumentado significativamente debido a la creciente demanda de berries en el mercado global. Las frambuesas mexicanas se han exportado a 33 países localizados en América, Europa, Asia y Oceanía, aunque el principal comprador es Estados Unidos. Los principales estados productores son Jalisco, Michoacán y Baja California (Rural, 2021)

Los tres estados que encabezan la lista de productores de frambuesa del país son Jalisco (91,984 t), Michoacán (23,384 t) y Baja California (14,179 t), los cuales están considerados como los principales en la producción de esta berries. De manera conjunta, constituyen prácticamente la totalidad de la frambuesa del país (99.5 %). Además, los tres mostraron un aumento con respecto al año anterior, siendo el más destacado el experimentado por Baja California (17.7 %) (Infoagro, 2019)

Los métodos de cultivo han evolucionado, incorporando técnicas modernas que mejoran la productividad y la calidad de los frutos, una de esas técnicas es la incorporación de microorganismo benéficos con efectos bioestimulantes.

2.2 Microorganismos benéficos.

Los microorganismos benéficos, son aquellos que desempeñan funciones positivas al suelo, a organismos vivos, estos microorganismos pueden ser, bacterias, virus, protozoos y hongos.

El efecto benéfico de la interacción planta-microorganismo puede ser resultado de la capacidad de los microorganismos para fijar nitrógeno, solubilizar de fósforo, producir sideróforos y fitohormonas, mejorar la absorción de nutrientes, promover el crecimiento de brotes y raíces, mejorar de la estructura del suelo, o al actuar como agentes de biocontrol o supresión de organismos patógenos. Entre los organismos benéficos utilizados en la agricultura se incluyen *Rizobium*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, especies

de *Streptomyces*, micorrizas. El impacto positivo de estos microorganismos se refleja en diversos parámetros morfofisiológicos de la planta, los cuales provocan un incremento en la productividad e inocuidad de los cultivos y en una reducción en los costos de producción (Rodríguez, 2020). Uno de los microorganismos más utilizados en la agricultura con los hongos, como es el caso del *Trichoderma*, el cual es un habitante natural del suelo, caracterizado por su comportamiento saprofito y/o parásito.

2.3 *Trichoderma spp.*

Los hongos del género *Trichoderma* se conocen desde la década de 1920 por su capacidad de actuar como agentes de biocontrol contra patógenos de plantas. Hasta hace poco, se suponía que los principales mecanismos de control eran los que actuaban principalmente sobre los patógenos e incluían micoparasitismo, antibiosis y competencia por recursos y espacio. Los avances recientes demuestran que los efectos de *Trichoderma* sobre las plantas, incluida la resistencia sistémica o localizada inducida, también son muy importantes. Estos hongos colonizan la epidermis de la raíz y las capas corticales externas y liberan moléculas bioactivas que causan el amurallamiento del talo de *Trichoderma spp.* Al mismo tiempo, el transcriptoma y el proteoma de las plantas se alteran sustancialmente. Como consecuencia, además de la inducción de vías de resistencia en las plantas, se produce un aumento del crecimiento de la planta y la absorción de nutrientes. Sin embargo, al menos en el maíz, la respuesta de aumento del crecimiento es específica del genotipo, y algunas variedades endogámicas de maíz responden negativamente a algunas cepas de *Trichoderma spp.*

Se están empezando a utilizar en cantidades razonablemente grandes en la agricultura vegetal, tanto para el control de enfermedades como para aumentar el rendimiento. Los estudios de micoparasitismo también han demostrado que estos hongos producen una rica mezcla de enzimas antifúngicas, incluidas quitinasas y β -1,3 glucanasas. Estas enzimas son sinérgicas entre sí, con otras enzimas antifúngicas y con otros materiales. (Harman, GE 2006).

2.4 Uso del *Trichoderma spp* en la agricultura.

El hongo *Trichoderma spp* es ampliamente utilizado como agente de control biológico para reducir el uso excesivo de productos sintéticos que afectan el ecosistema, además también se emplea como bioestimulante, obteniendo resultados positivos.

Alguna de esas investigaciones se encuentra la de (Hollman, 2024), en donde uso, distintos *Trichodermas*, como *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma asperellum*, y *Trichoderma* comercial para la germinación de semillas de albacar. Los resultados fueron los siguientes; *T. atroviride* presentó el mayor efecto bioestimulante en germinación. Mientras que *T. asperellum* registró una eficacia incrementada en biomasa y longitud de la planta en las cuatro variedades, la acción del *T. comercial* fue menor en todos los casos.

Existe otro trabajo de investigación en donde se evaluó el efecto bioestimulante en plantas y frutos de chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*), se evaluaron cuatro tratamientos (*Genifix®*, *Trichoderma*, *Bio-Terra®* y un testigo) en plántulas y frutos de chile jalapeño. En plántulas, donde se aplicó *Genifix®* mostró el mayor peso seco, con incrementos del 39.9 % en plántula y 40.8 % en raíz. En frutos, la aplicación de *Genifix®* y *Trichoderma* presentaron un efecto significativo en peso (120g) y promedio de frutos más largos (77.77mm) y anchos (52.15mm). En producción, ambos bioestimulantes presentaron los mejores resultados. Su uso representa una alternativa viable para mejorar la calidad y producción del chile jalapeño con fertilización mínima (Garcia, 2024)

2.5 Importancia del aislamiento de *Trichoderma sp*

El hongo *Trichoderma* es ampliamente reconocido por sus diversas aplicaciones en los ámbitos agrícola, industrial y científico, debido a sus propiedades beneficiosas para las plantas y el ecosistema del suelo. Su importancia radica principalmente en su capacidad para actuar como agente de biocontrol, promover el crecimiento vegetal y contribuir a la biorremediación de suelos contaminados.

En primer lugar, *Trichoderma* desempeña un papel clave en la defensa de las plantas contra patógenos fitosanitarios, gracias a sus diversos mecanismos de acción. Produce metabolitos antifúngicos capaces de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos como *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora*, reduciendo así la incidencia de enfermedades en cultivos. Además, su modo de acción incluye competencia por espacio y nutrientes, impidiendo el desarrollo de microorganismos perjudiciales, y el micoparasitismo, mediante el cual ataca y degrada estructuras fúngicas patógenas a través de la producción de enzimas hidrolíticas como quitinasas y glucanasas.

Por otro lado, *Trichoderma* no solo protege a las plantas, sino que también fomenta su desarrollo. Este hongo tiene la capacidad de estimular el crecimiento radicular y mejorar la absorción de nutrientes esenciales. Además, induce la producción de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, que favorecen la elongación celular, el desarrollo de raíces y la resistencia a factores de estrés ambiental. Estas características hacen que *Trichoderma* sea un aliado valioso en la agricultura sostenible, ya que contribuye a la reducción del uso de fertilizantes químicos y promueve cultivos más saludables y productivos.

Además de su impacto en la sanidad y crecimiento vegetal, *Trichoderma* juega un papel fundamental en la biorremediación de suelos contaminados. Su capacidad para degradar compuestos tóxicos y mejorar la calidad del suelo lo convierte en un organismo clave para la recuperación de suelos degradados por el uso excesivo de agroquímicos o la presencia de contaminantes orgánicos. Asimismo, contribuye a la descomposición de materia orgánica y al reciclaje de nutrientes, favoreciendo la fertilidad del suelo y promoviendo un ecosistema microbiano más equilibrado.

En conclusión, el aislamiento y aplicación de *Trichoderma* representan una estrategia innovadora y ecológica para mejorar la sanidad vegetal, optimizar la producción agrícola y restaurar suelos afectados por contaminantes. Su versatilidad y eficacia lo convierten en un recurso biotecnológico de gran importancia para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y el avance de la ciencia en el control biológico y la biorremediación ambiental. Esto permite reconocer los efectos

bioestimulantes de *Trichoderma* en una amplia variedad de plantas, por lo anterior, es importante realizar aislamientos e identificación de *Trichoderma* presentes en las zonas endémicas de producción de frambuesa (*Rubus idaeus*).

3. Problemática a resolver

La frambuesa (*Rubus idaeus*) es un cultivo que genera una alta explotación del suelo. En las zonas donde se produce bajo esquemas convencionales, el uso intensivo de agroquímicos y fertilizantes sintéticos ha provocado la pérdida de la microbiología del suelo, lo que dificulta su conocimiento y manejo adecuado.

En un esfuerzo por implementar prácticas más amigables con el medio ambiente, se ha comenzado a inocular productos a base de *Trichoderma sp.*, comercializados por diversas empresas. Sin embargo, no se tiene certeza de su efectividad, ya que la viabilidad de estos microorganismos está influenciada por múltiples factores ambientales.

Uno de los principales desafíos en la agricultura es la necesidad de producir al menor costo posible para mantener la rentabilidad del negocio. Los productos biológicos disponibles en el mercado suelen tener precios elevados, y las dosis recomendadas incrementan aún más los costos, lo que dificulta su adopción dentro del presupuesto de la empresa.

Además, la falta de información precisa sobre las cepas específicas de *Trichoderma sp.* y su correcta aplicación genera incertidumbre sobre la manera óptima de inoculación para obtener los mejores resultados en el cultivo.

Dado que la producción de frambuesa en este contexto es convencional, se emplean productos no orgánicos, lo que plantea otro reto: la posible incompatibilidad entre estos insumos y los microorganismos inoculados. Al no contar con estudios específicos sobre esta interacción, no se puede asegurar que los *Trichoderma sp.* estén cumpliendo con la función para la que fueron incorporados al cultivo.

En este sentido, es fundamental generar investigaciones y estrategias que permitan optimizar el uso de microorganismos benéficos en la producción de frambuesa, garantizando su efectividad y compatibilidad con las prácticas agrícolas actuales.

4. Justificación.

El uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal es en la actualidad es una considerable herramienta para la agricultura, las interacciones rizosféricas entre plantas y estos son determinantes y fundamentales en la sanidad de cultivos, la fertilidad del suelo y productividad. Actualmente en el país se ha aumentado el interés de estudiar nuevas especies de *Trichoderma spp.*, en diferentes hábitats, que sirvan de biocontrol para diversos patógenos y a la vez de estimuladores vegetales.

Algunas especies de *Trichoderma* producen altas concentraciones de ácido indol-3-acético (AIA), este es una de las fitohormonas más importantes que se distribuye ampliamente y es esencial en las plantas. Las aplicaciones exógenas de AIA estimulan formación de raíces y crecimiento de pelos radicales y mejora la absorción de nutrientes, lo que conlleva al aumento de biomasa vegetal.

Este proyecto se debe realizar para conocer cuáles son las cepas de *Trichoderma spp.* que se tienen en la región de Tuxpan Jalisco y conocer cual se estas cepas es las mejor para promover el crecimiento vegetativo de la frambuesa (*Rubus idaeus*).

Este proyecto beneficiara a todos los productores de frambuesa (*Rubus idaeus*) de la regios de Tuxpan Jalisco ya que conocerán cuales son las cepas de *Trichoderma sp.* que tienen en sus terrenos y la que les ayudara a desarrollar mejor su cultivo además de que se podrá reproducir en *Trichoderma sp.*

5. Objetivos

5.1 Objetivo general.

Aislamiento e identificación de cepas de *Trichoderma sp.* en Tuxpán jalisco, y evaluación de *Trichoderma spp.* como promotor de crecimiento vegetativo en el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*).

5.1.1Objetivos particulares.

- Aislar e identificar cepas de *Trichoderma sp.* en Tuxpán, Jalisco.
- Evaluar el efecto de *Trichoderma sp.* en el crecimiento vegetativo de *Rubus idaeus*.

6. Hipótesis

Las cepas de *Trichoderma sp.* aisladas en Tuxpán, Jalisco, promoverá el crecimiento vegetativo al mejorar la disponibilidad de nutrientes y la interacción benéfica con la rizosfera, en comparación con las cepas comerciales en el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*)

7. Materiales y Métodos

7.1 Selección de las zonas de muestreo.

Se seleccionaron tres zonas para la toma de muestras (Tabla 1), en cada una de las cuales se establecieron diez puntos de muestreo como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1 Ubicación de las zonas de muestreo de tierra para el aislamiento de Trichoderma spp, nativo

Zona	Muestra	Coordenadas
A	1	19°35'23"N 103°22'09"W
A	2	19°35'24"N 103°22'09"W
A	3	19°35'24"N 103°22'09"W
A	4	19°35'24"N 103°22'09"W
A	5	19°35'24"N 103°22'08"W
A	6	19°35'24"N 103°22'08"W
A	7	19°35'24"N 103°22'08"W
A	8	19°35'24"N 103°22'08"W
A	9	19°35'24"N 103°22'07"W
A	10	19°35'24"N 103°22'07"W
B	1	19°35'25"N 103°22'23"W
B	2	19°35'25"N 103°22'23"W
B	3	19°35'25"N 103°22'22"W
B	4	19°35'25"N 103°22'22"W
B	5	19°35'25"N 103°22'22"W
B	6	19°35'25"N 103°22'22"W
B	7	19°35'25"N 103°22'22"W
B	8	19°35'25"N 103°22'21"W
B	9	19°35'25"N 103°22'21"W
B	10	19°35'25"N 103°22'21"W
C	1	19°35'27"N 103°22'33"W
C	2	19°35'27"N 103°22'33"W
C	3	19°35'27"N 103°22'33"W
C	4	19°35'27"N 103°22'32"W
C	5	19°35'27"N 103°22'32"W
C	6	19°35'27"N 103°22'32"W
C	7	19°35'27"N 103°22'32"W
C	8	19°35'27"N 103°22'32"W
C	9	19°35'27"N 103°22'32"W
C	10	19°35'26"N 103°22'32"W

7.2 Proceso de toma y procesamiento de muestras de suelo.

7.2.1 Toma de suelo.

Se realizó la toma de muestra en la superficie de la rizosfera (1kg de suelo), una vez recolectadas las muestras fueron tamizadas para eliminar restos de raíces, piedras y otros residuos. Las muestras fueron almacenadas en bolsas de plástico a una temperatura de 4°C antes del aislamiento.

7.2.2 Muestreo de suelo:

Se seleccionaron tres zonas para la toma de muestras, en cada una de las cuales se establecieron diez puntos de muestreo:



Figura 1: Ubicación de las zonas de muestreo (Googleearth)

A) Zona A, B y C, B) Zona A con sus 10 puntos muestreados, C) Zona B con sus 10 puntos muestreados, D) Zona C con sus 10 puntos muestreados, E) Ubicación del predio donde se realizó el muestreo.

7.3 Medio de Cultivo THSM.

Se realizo el medio de cultivo THSM, disolviendo los componentes (Tabla 2) en agua destilada, para su posterior esterilización en autoclave durante 20 min a 121°C a 20 kg cm⁻².

Tabla 2: Medio de cultivo THSM

Reactivo	1 L	500 ml	300 ml
MgSO ₄ 7H ₂ O	0.20g	0.1g	0.06g
K ₂ HPO ₄	0.90g	0.45g	0.27g
NH ₄ NO ₃	1.0g	0.50g	0.30g
KCl	0.15g	0.075g	0.045g
Glucosa	3.0g	1.50g	0.90g
Agar	20.0g	10.0g	6.0g
PCNB	0.20g	0.10g	0.06g

Posteriormente se vertió el medio de cultivo THSM en cajas Petri, en condiciones asépticas, después de la gelificación del medio fue necesario cubrir con papel aluminio las cajas Petri al momento de almacenarlo a 4°C.

7.4 Aislamiento de hongos del suelo.

De cada zona se tenían 10 repeticiones de muestras de suelo, de estas se realizaron disoluciones a partir de la solución madre que consistió en tomar 5g de suelo muestra, y se diluyo en 50 mL de agua estéril, para tener una proporción de 10:1. Para las siguientes disoluciones se tomó 1 mL de la solución base y se colocó en 9 mL de agua destilada y así sucesivamente hasta la quinta dilución (1×10^{-5}), las disoluciones se agitaron y mezclaron adecuadamente y se tomaron 200µL de la dilución, la cual se vertió en cajas Petri con medio THSM, y posteriormente se utilizó un asa de siembra Drigalskipara para esparcir la muestra en toda la superficie de la caja Petri. Finalmente, las cajas Petri se colocaron en incubadoras a una temperatura de 28°C en oscuridad.

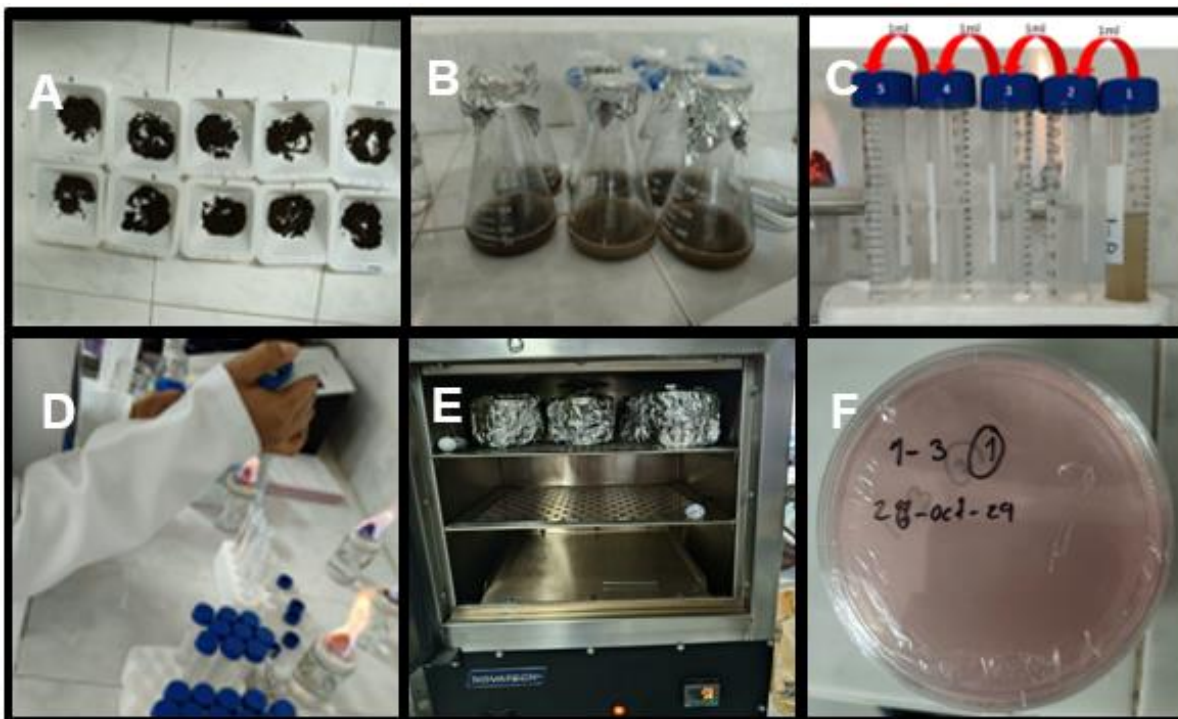


Figura 2: Aislamiento de hongos del suelo

A) selección de 5g de cada muestra, B) Muestra diluida en 50 mL C) Diluciones, D) Proceso de diluciones, E) Incubadora en oscuridad a 28°C, F) Medio con rosa de bengala

7.5 Técnica de identificación (Microcultivo)

Las características microscópicas de los hongos fueron identificadas mediante la observación microscópica usando la técnica del microcultivo, que consiste en colocar una porción de un medio de cultivo entre 1-1.5 cm² de agar sobre un portaobjeto, posteriormente se tomó un repique (un trozo pequeño) del hongo para resembrarlo en el medio de cultivo de 1 a 1.5 cm² de agar y finalmente se colocó encima del medio de cultivo un cubreobjetos el cual se mantuvo en una cámara húmeda a 28 ± 2 °C durante 72 horas para ser observados al microscopio.

7.6 Identificación morfológica de género.

La identificación morfológica de las especies de *Trichoderma* aisladas se realizó siguiendo los criterios de Barnett y Hunter (1998), Figura 3. Para ello, se empleó la

técnica de microcultivo y las observaciones se realizaron mediante microscopio con un lente objetivo de 40X.

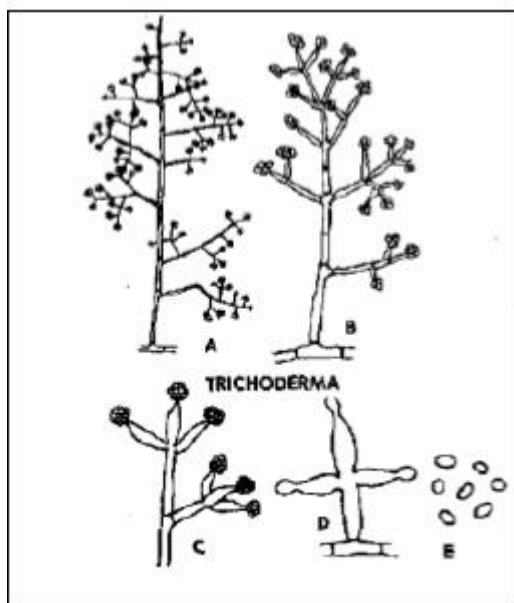


Figura 3: Descripción de morfología de *Trichoderma* spp

Conidióforos hialinos, muy ramificados, no verticilados; fiálides solo o en grupos; conidias (fialosporas) hialinas, unicelulares, ovoides, que nacen en pequeños racimos terminales; generalmente fácilmente reconocido por su rápido crecimiento y parches verdes o cojines de conidios; saprofita en suelo o en madera, muy común, algunas especies reportadas como parásitos de otros hongos. Ilustración: *T. viride*; original, de pura cultura. (A, B) conidióforos grandes que muestran extensas derivaciones; (C, D) fiálidas que muestran producción de conidios; (E) conidios. (FUENTE)

7.7 Suspensión de esporas.

Se tomaron las esporas del cultivo semilla del *Trichoderma* spp. maduro y se le añadió 5 mL de agua estéril a cada caja. Posteriormente se pasó un pincel estéril por la superficie para mezclar el agua con las esporas. Se extrajo el agua de los cultivos con la micropipeta de 5 mL y se colocó en un tubo falcón estéril.

7.8 Conteo de esporas

Se realizaron diluciones de las suspensiones de esporas y se tomó una gota para su cuantificación. Esta se depositó en la cámara de Neubauer, se cubrió con un cubreobjetos y posteriormente se realizó el conteo de esporas bajo el microscopio para ajustarlo a una solución de 1×10^6 esporas mL^{-1} . (Figura 4).

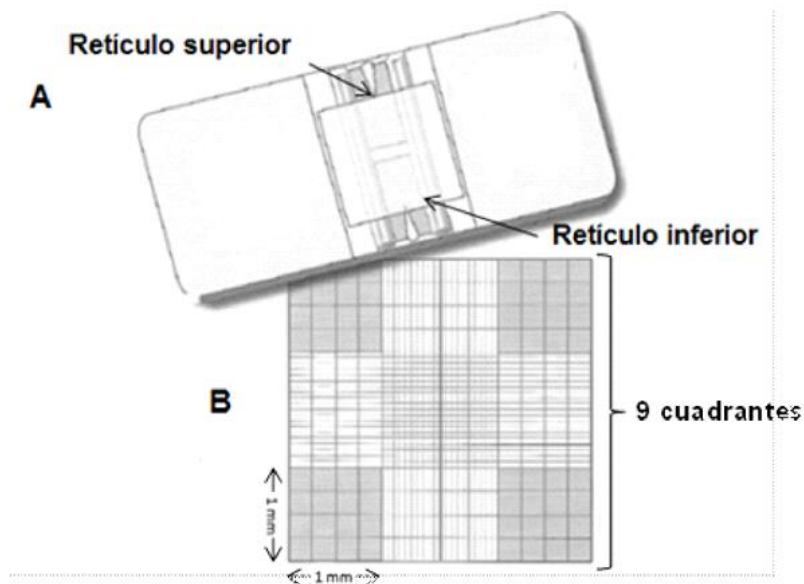


Figura 4: Cámara de Neubauer. (Requena et al. Gil, 2020)

7.9 Crioconservación.

Se preparó una suspensión de esporas, colocando las esporas en tubos Eppendorf con glicerol al 10 %. Posteriormente, las muestras se almacenaron a -20°C hasta su uso, Figura 5.

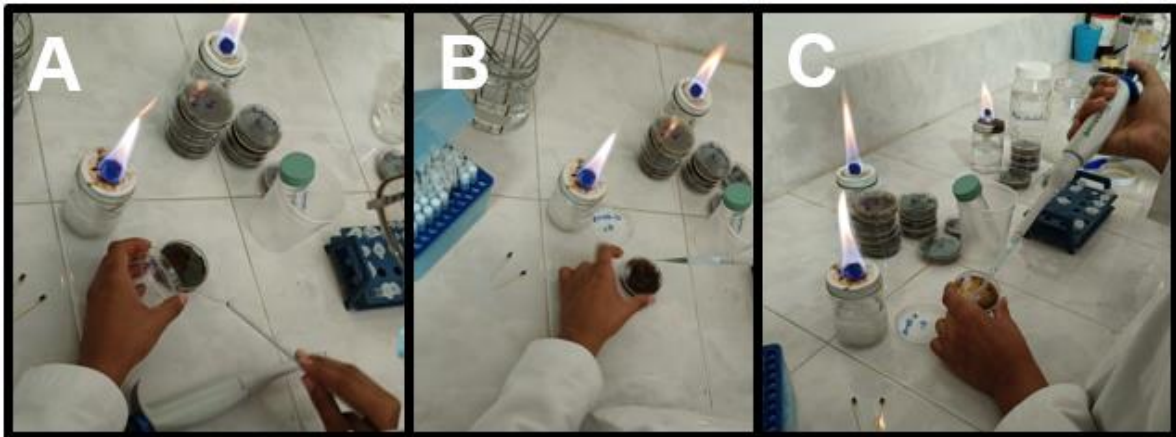


Figura 5: Crioconservación.

A) Obtención de esporas, B) Recuperación de esporas, C) Colocación de esporas en glicerol 10%

7.9 Suspensión de esporas.

Se tomo del cultivo semilla del *Trichoderma* maduro y se le añadió 5 mL de agua estéril a cada caja. Posteriormente se pasó un pincel estéril por la superficie para así mezclar el agua con las esporas. Se extrajo el agua con la micropipeta de 5 mL y vertió en un tubo falcón estéril el agua de los cultivos.

7.10 Conteo de esporas

Se realizaron diluciones en función de la concentración de la suspensión para llevar a cabo la cuantificación de esporas. Para ello, se tomó una gota de la muestra diluida y se depositó en la cámara de Neubauer. Posteriormente, se colocó un cubreobjetos y se realizó el conteo de esporas utilizando el microscopio. (Figura 4).

7.11 Crioconservación.

Se preparó una suspensión de esporas, colocando las esporas en tubos eppendorf con glicerol al 10 %. Posteriormente, las muestras se almacenaron a -20°C hasta su uso.

7.12 Condiciones de crecimiento y preparación del inóculo.

Una vez identificados los hongos se transfirieron al medio papa dextrosa agar (PDA) incubados a 28°C durante 6 a 12 días para el crecimiento del hongo en el medio de cultivo. Una vez esporulada la cepa, se colocaron 10 mL de agua destilada estéril en cada una de las cepas aisladas para extraer las esporas, se realizó un conteo de esporas ajustando las soluciones 1×10^6 esporas mL^{-1} de acuerdo con la metodología explicada anteriormente (conteo de esporas) y se conservaron a 4°C para su posterior uso (Figura 6).



Figura 6: Selección de colonias.

A) Selección de colonia, B) Colocación de colonia en medio PDA, C) Colonia inoculada en medio PDA

7.13 Inoculación de esporas de *Trichoderma* en plantas de frambuesa.

Se seleccionaron diez plantas por tratamiento a cada planta se le aplicaron 10 mL de esporas de *Trichoderma* a una concentración de 1×10^6 esporas mL^{-1} en la raíz, con diferentes cepas de *Trichoderma* por tratamiento, como se describe a continuación: T0. Agua; T1. Cepa CII; T2. Cepa 5-D3-C1-R1; T3. Cepa 4-D3-C1-R1; T4. Cepa Z2-D5-R2; T5. Cepa 4-4-2; T6. Cepa 2-D1-C2, ver Tabla 3. En el experimento se efectuaron dos aplicaciones de *Trichoderma* (día cero y día 15), correspondientes a cada tratamiento.

7.14 Evaluación de la respuesta de la inoculación de esporas de *Trichoderma*.

Para determinar cuál cepa de *Trichoderma* es más efectiva en la bioestimulación de las plantas, se realizaron cuatro evaluaciones en los días 0, 7, 15, 30 y 45. En cada evaluación se registraron los siguientes parámetros de desarrollo: número de hojas (NH), longitud de la planta (LP), número de brotes (NB), número de entrenudos (NI) y nutrición (N). Sin embargo, en el día 45 se realizó una evaluación adicional, en la que se seleccionaron tres plantas para evaluar su peso fresco y peso seco.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

8.1 Aislamiento de *Trichoderma*.

De las 147 diluciones de suelo procesadas de las 3 zonas, se logró asilar al hongo *Trichoderma*. De la zona 1, se obtuvieron 2 aislados (las cepas 5-D2-C2-R1 y 4-D4-C1-R2), uno de la muestra de suelo 5 y otro de la muestra 4, de las diluciones 3 y 4 respectivamente. De la zona 2, se obtuvo 1 aislado (la cepa Z2-D5-R2), en cambio en la zona 3 se obtuvieron 11 aislados (Tabla 3).

Tabla 3 Aislamiento *Trichoderma* spp Tuxpan Jalisco

Zona	Aislamiento	Nomenclatura	Zona	Aislamiento	Nomenclatura
		<i>Trichoderma</i>			<i>Trichoderma</i>
A	1	5-D2-C2-R1	C	5	2-D2-C2
A	2	4-D4-C1-R2	C	6	2-D1-C2
B	1	Z2-D5-C1-R2	C	7	1-D1-C1
C	1	2-D1-C1	C	8	2-D7-C1
C	2	4-D2-C1	C	9	4-D3-C1
C	3	4-D2-C2	C	10	1-D1-C2
C	4	4-D3-C2	C	11	2-D1-C1

En primer lugar, se llevó a cabo la nomenclatura de las cepas con base en los siguientes criterios: el número inicial corresponde al número de muestra; a continuación, separado por un guion, se encuentra una letra acompañada de un número, que indica la dilución de la cual se tomó la muestra para su siembra en placas de PDA; finalmente, tras otro guion, se incluye una letra seguida de un número, que representa la colonia a partir de la cual se realizó el aislamiento final.

De las cepas aisladas de *Trichoderma* se seleccionaron cinco cepas para el experimento de bioestimulación (4-D3-C1, Z2-D5, 5-D2-C2, 4-D4-2 y 2-D1-C2) con

diferencias morfológicas entre ellos, más la cepa comercial (CII, *Trichoderma harzanium*), los cuales fueron posteriormente inoculados en plantas de frambuesa.

Durante el aislamiento se observó que en la disolución de mayor concentración se observó un incremento en el número colonias comparada con las diluciones de menor concentración.

8.2 Identificación morfológica de los aislados de *Trichoderma*.

Las cepas de *Trichoderma sp.* se identificaron siguiendo la guía de Barnett y Hunter 1972 para obtener los siguientes resultados, como se observa el crecimiento colonial, Figura 7. Se observó un crecimiento rápido de 5 a 6 días en cajas Petri en medio PDA a 28 °C, con un aspecto blanco en condiciones de oscuridad, tomando una coloración verde olivo, después de los 7 días de incubación, algunos en forma de anillos los cuales nos permitieron detectar cepas pertenecientes a *Trichoderma spp.* Las colonias al inicio formaron pequeñas colonias algodonosas de color blanco, posteriormente se compactaron y esporularon tomando un color verde de textura granular, con conidióforos ramificados visibles alrededor de las pequeñas colonias, resultados que concuerdan con las descripciones realizadas por Gams y Bissett (1998).

Durante la observación en el microscopio se confirmó la presencia de cepas del género *Trichoderma spp.*, de acuerdo a estructuras microscópicas descritas por (Sutton et al. 1998), Los aislamientos de *Trichoderma* presentaron variaciones en su morfología y coloración, dependiendo del punto de recolección de las muestras de suelo. Estas diferencias podrían estar asociadas a la presencia de cepas pertenecientes a distintas especies. Este fenómeno se debe a la producción de metabolitos secundarios, los cuales influyen en el desarrollo morfológico de cada cepa y contribuyen a su diferenciación. (Vinale et al. 2009). (Tabla 4)

Tabla 4 Características de las cepas aisladas de *Trichoderma* spp.

Cepas asiladas	Color	Nº de anillos	Forma de conidios	Forma fiabiles	Especie de <i>Trichoderma</i>
5-D2-C2-R1	Verde olivo oscuro	0	Ovoide	Delgados y cortos	<i>T. viride</i>
4-D4-R2	Verde semi claro	0	Ovoide	Delgados y cortos	<i>T. viride</i>
Z2-D5-R2	Verde olivo oscuro	2	Elipsoide	Delgadas y rectas	<i>T. asperelloides</i>
2-D1-C1	Verde olivo oscuro	0	Ovoide	Lagenigormes y delgados	<i>T.harzianum</i>
4-D2-C1	Verde olivo	2	Ovoide	Lagenigormes y delgados	<i>T.harzianum</i>
4-D2-C2	Verde olivo	2	Ovide	Lagenigormes y delgados	<i>T. harzianum</i>
4-D3-C2	Verde olivo oscuro	0	Elipsoidal	Cortos y gruesos	<i>T.virides</i>
2-D2-C2	Verde	0	Ovoide	delgados y lardos	<i>T.viride</i>
2-D1-C2	Verde	0	Ovoide	delgados y lardos	<i>T.viride</i>
1-D1-C1	Verde	0	Ovoide	delgados y lardos	<i>T.viride</i>
2-D7-C1	Verde oscuro	0	Globulares	Lagenigormes y delgados	<i>T.harzianum</i>
4-D3-C1	Verde olivo	2	Globulares	Lagenigormes y delgados	<i>T.harzianum</i>
1-D1-C2	Verde	0	Ovoide	Delgados y lardos	<i>T. viride</i>
2-D1-C1	Verde	0	Ovoide	Angostos y lageniformes	<i>T.asperellum</i>

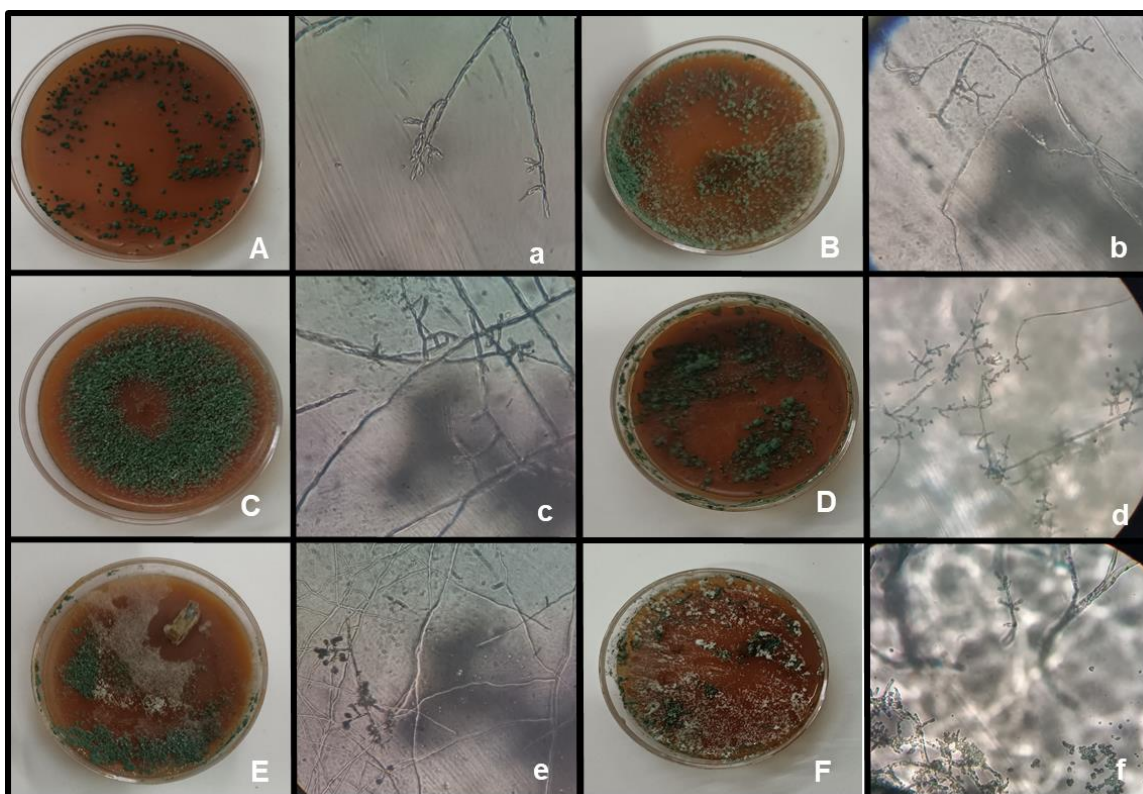


Figura 7: Morfología colonial y microscópica de cepas aisladas de *Trichoderma* spp.

A-a (5-D2-C2) B-b (4-D4-C2), C-c (Z2-R5-C1), D-d (4-D3-C1), E-e (2-D1-C2) F-f (CII, cepa comercial).

8.3 Aplicación de cepas de *Trichoderma* aisladas en plantas de frambuesa (*Rubus idaeus*).

En el experimento de bioestimulación con cepas aisladas de *Trichoderma*, se realizaron cuatro evaluaciones semanales, desde el día 0, día 7, día 15 y día 30, en condiciones de campo abierto. Durante estas evaluaciones, se consideraron los siguientes parámetros de desarrollo: número de hojas (NH), número de brotes (NB), número de entrenudos (NE) y altura de la planta (A) (Tabla 5).

En cuanto al número de hojas (NH), el tratamiento T3 presentó el valor más alto a los 30 días (40.92 NH), con diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos (T0, T2, y T6). Los tratamientos T1 y T5 registraron valores similares

de 38.54 y 38.77 NH respectivamente, mientras que el tratamiento T6 presentó el valor más bajo (28 NH) en el día 30.

Por otra parte, en el parámetro número de brotes (NB), el tratamiento T5 mostró los valores más altos durante la evaluación hasta el día 30 (2.8 NB) en comparación con los demás tratamientos. Es importante destacar que, entre los días 15 y 30, se observó una variabilidad en los valores, posiblemente atribuida a factores climáticos o a alguna mala práctica humana. Sin embargo, a pesar de esta inconsistencia, T5 siguió presentando los mejores resultados en relación con los otros tratamientos y días de evaluación, en cuanto al desarrollo de brotes.

En cuanto al número de entrenudos (NE), el tratamiento T5 mostró los valores más altos desde el día 7 hasta el día 30 (20.15, 27.62 y 35.38, respectivamente) en comparación con los tratamientos restantes (T0, T1, T2, T3, T4 y T6). Sin embargo, en el día 30, el tratamiento T3 alcanzó un valor ligeramente superior (35.92 NE). A pesar de esta diferencia, la cepa del tratamiento T5 mostró un buen desarrollo de los entrenudos (35.38 NE).

Finalmente, en el parámetro de altura de la planta (A), el tratamiento T5 presentó los valores más altos en comparación con los tratamientos restantes (T0, T1, T2, T3, T4 y T6) (40.23, 30.69 y 78.46). Seguido del tratamiento T3, con valores de 33.46 y 30.85 en los días 7 y 15, respectivamente, y un valor de 72.92 en el día 30. Sin embargo, en esta última evaluación, el tratamiento T2 alcanzó un valor de 75.31. A pesar de que T3 no mostró el valor más alto al día 30, la cepa demostró ser ideal para el crecimiento de la planta de frambuesa (*Rubus idaeus*). (Figura 1.8, 1.9, 1.10, 1.11).

En el tratamiento T0, no se observaron diferencias en comparación con el resto del sector, ya que la diferenciación ocurrió al mismo tiempo que en las demás plantas no inoculadas. En T1, tampoco se evidenciaron variaciones en la diferenciación respecto a las plantas del mismo surco. En el caso de T2, las plantas mostraron un mayor desarrollo vegetativo, pero tardaron más en diferenciarse, lo cual no es óptimo para el cultivo, ya que se busca reducir el tiempo hasta la cosecha.

En el caso del T3 presentó un crecimiento inicial acelerado y un buen desarrollo radicular. En T4, las plantas exhibieron un crecimiento superior en comparación con las del mismo surco, además de generar nuevas raíces. En el tratamiento T5, el crecimiento fue rápido, destacando plantas de mayor tamaño en relación con el resto del surco; en este caso, el 100 % de las plantas lograron diferenciarse, lo que indica una reducción en la fase vegetativa y una inducción temprana a la floración. Finalmente, T6 mostró el menor crecimiento vegetativo, pero fue el tratamiento que generó la mayor cantidad de raíces.

Tabla 5 Evaluación de las cepas de *Trichoderma* sp en el desarrollo de plantas de frambuesa (*Rubus ideaus*) durante 30 días

T	1° Evaluación (día cero)				2° Evaluación (día 7)			
	N. Hojas*	N. de Brotes*	N. Entrenudos*	Altura*	N. Hojas*	N. de Brotes*	N. Entrenudos*	Altura*
T0	22.61± 3.88 ^C	2.846 ± 0.63 ^{BC}	6.462± 2.98 ^C	13.62± 4.94 ^{CD}	16.23±4.36 ^C	2.308±0.63 ^{AB}	11±3.65 ^D	25.23±8.40 ^C
T1	20.08± 8.30 ^{AB}	2.692± 0.75 ^{AB}	12± 6.40 ^B	13.92± 7.34 ^{BCD}	21.85±8.65 ^{AB}	2.692±0.75 ^{AB}	16.69± 8.36 ^{ABC}	27.15±11.55 ^{BC}
T2	20±5.79 ^{BC}	2.692± 0.68 ^{AB}	10.46± 5.68 ^B	19.15±7.44 ^B	18.08± 7.17 ^{BC}	2.154±0.68 ^B	14.54±6.17 ^{BCD}	33.15±10.80 ^{AB}
T3	17.31± 6.99 ^{AB}	2.308 ± 0.75 ^{AB}	11± 4.62 ^B	18.62± 6.55 ^{BC}	21.77±7.43 ^{AB}	2.692±0.75 ^{AB}	18.23±7.14 ^{AB}	33.46±7.77 ^{BC}
T4	16.15± 6.94 ^{BC}	2.154 ±0.98 ^{BC}	10.54± 5.33 ^B	16.92±9.23 ^{BCD}	17.92±8.66 ^{BC}	2.154±0.98 ^B	13.62±6.76 ^{BCD}	29.92±13.23 ^{BC}
T5	12.92±3.52 ^A	2.154±0.68 ^B	16.62± 4.52 ^A	24.92±5.96 ^A	23.62±3.78 ^C	2.846±0.68 ^A	20.15±4.36 ^A	40.23±8.48 ^A
T6	12.92±2.69 ^C	2.077 ± 0.49 ^C	8.923± 2.98 ^{BC}	12.12± 6.60 ^D	15.154±3.36 ^C	2.231±0.72 ^B	12.077±3.17 ^{BCD}	22.92±8.94 ^C
T+	3° Evaluación (día 15)				4° Evaluación (día 30)			
	N. Hojas*	N. de Brotes*	N. Entrenudos*	Altura*	N. Hojas*	N. de Brotes*	N. Entrenudos*	Altura*
T0	23±5.31 ^{B^C}	2.385±0.65 ^{AB}	16.85±4.98 ^C	44.31±10.84 ^{CD}	29.15±7.07 ^C	2.385±0.65 ^{ABC}	23.54±6.85 ^C	66.92±10.95 ^{BC}
T1	29.46±11.64 ^{AB}	2.692±0.751 ^{AB}	23±9.81 ^{AB^C}	45±13.30 ^{CD}	38.54±15.37 ^{AB}	2.692±0.751 ^{AB}	33.38±14.40 ^{AB}	65.77±12.30 ^C
T2	24.85±10.52 ^{ABC}	2.154±2.154 ^B	20.85±10.02 ^{BC}	52.69±10.79 ^{ABC}	31.54±12.72 ^{BC}	2.231±0.725 ^{BC}	27.46±12.88 ^{BC}	75.31±11.25 ^{AB}
T3	30.85±25.31 ^A	2.692±0.751 ^{AB}	25.92±9.63 ^{AB}	54.23±9.06 ^{AB}	40.92±13.36 ^A	2.769±0.832 ^{AB}	35.92±12.94 ^A	72.92±9.95 ^{ABC}
T4	25.31±10.09 ^{ABC}	2.154±0.987 ^B	20.38±8.98 ^{BC}	49.62±14.69 ^{BC}	33.46±11.44 ^{ABC}	2.231±0.927 ^{BC}	27.85±11.82 ^{ABC}	70.62±15.62 ^{ABC}
T5	30.69±4.53 ^A	2.923±0.760 ^A	27.62±4.94 ^A	61.08±8.51 ^A	38.77±5.73 ^{AB}	2.846±0.689 ^A	35.38±6.70 ^{AB}	78.46±10.65 ^A
T6	21.62±3.78 ^C	2.231±0.725 ^B	17.08±4.15 ^C	39.23±11.39 ^D	28±4.83 ^C	2.077±0.49 ^C	24.54±5.90 ^C	55.62±11.07 ^D

+T. Tratamiento; *Los valores presentados en la tabla son medias ± error estándar, los valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba LSD-Fisher (P<0.05).



Figura 8: Desarrollo de plantas de Frambuesa (*Rubus idaeus*) T0.

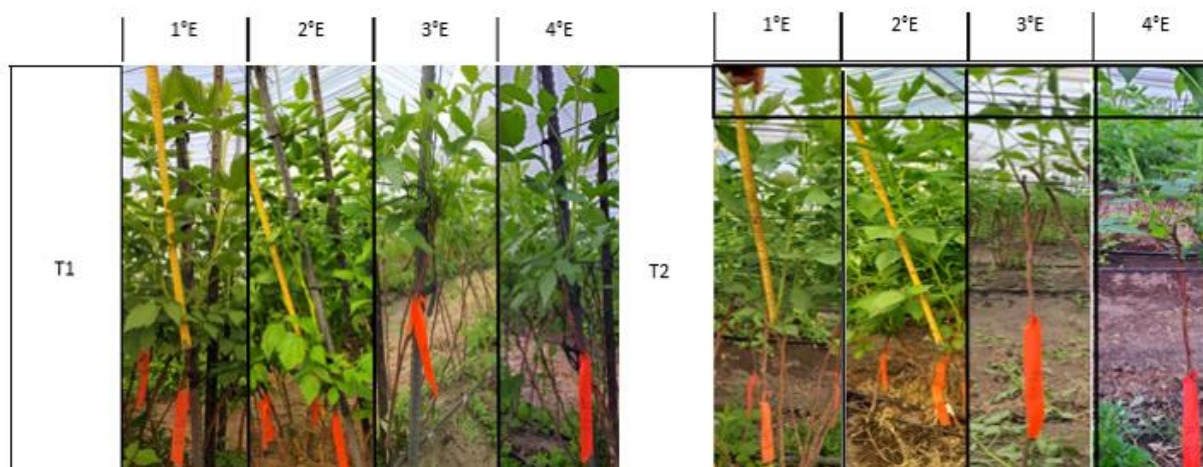


Figura 9: Desarrollo de plantas de Frambuesa (*Rubus idaeus*) T1 Y T2



Figura 10: Desarrollo de plantas de Frambuesa (*Rubus idaeus*) T3 Y T4

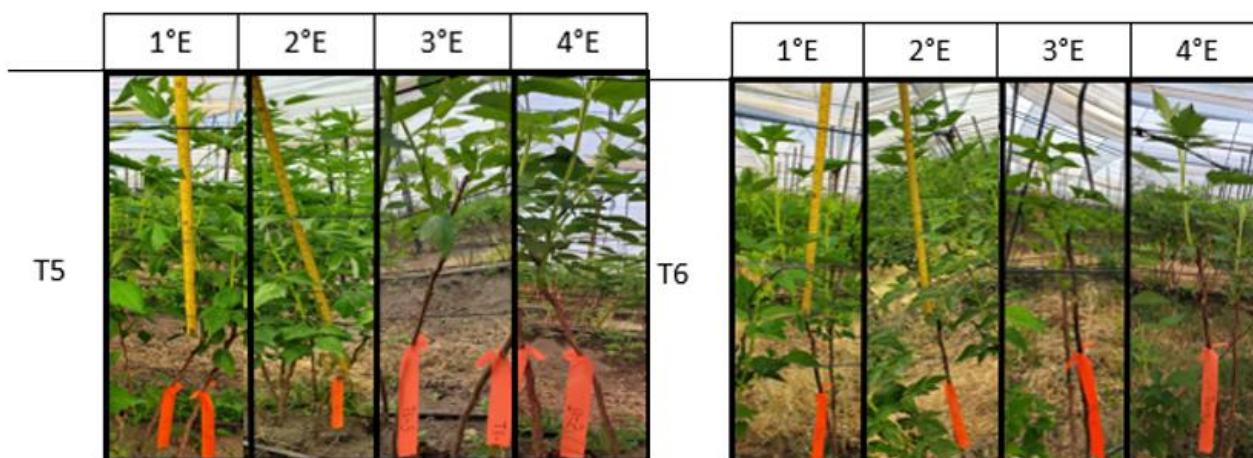


Figura 11: Desarrollo de plantas de Frambuesa (*Rubus idaeus*) T5 Y T6

1° E, primera evaluación (Día 0), 2°E, segunda evaluación (Día 7), 3°E, tercera evaluación (Día 15), 4° evaluación (Día 30).

8.4 Peso fresco y peso seco.

Se determinaron el peso fresco y seco de tres plantas de Frambuesa (*Rubus idea*) por tratamiento, analizando el área foliar y el área radicular por separado. Los resultados fueron los siguientes: En cuanto al peso fresco del área foliar, el tratamiento T0 presentó el valor más alto (0.291), con diferencias significativas respecto a los tratamientos T1 y T3. Por otro lado, el tratamiento con el menor valor en este parámetro fue T1 (0.142), también con diferencias significativas en

comparación con los demás tratamientos. Respecto al peso fresco del área radicular, el tratamiento T6 mostró el mayor valor (0.096), con diferencias significativas en relación con los tratamientos T0, T1, T2, T3, T4 y T5. En contraste, el tratamiento T0 presentó el valor más bajo (0.061), con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. En cuanto al peso seco, el tratamiento T6 nuevamente obtuvo el mayor valor (0.043), mientras que el tratamiento T1 registró el valor más bajo (0.018), ambos con diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos restantes (Tabla 6 y 7).

Tabla 6: Área Radicular

AREA RADICULAR		
Tratamiento	Peso Fresco	Peso Seco
T0	0.06133±0.004 ^B	0.02867±0.003 ^{AB}
T1	0.03667±0.036 ^{AB}	0.018±0.014 ^B
T2	0.07±0.047 ^{AB}	0.0333±0.023 ^{AB}
T3	0.0767±0.030 ^{AB}	0.038±0.017 ^{AB}
T4	0.0647±0.013 ^{AB}	0.03067±0.013 ^{AB}
T5	0.086±0.017 ^{AB}	0.03467±0.017 ^{AB}
T6	0.096±0.017 ^A	0.0433±0.017 ^{AB}

Tabla 7: Área Foliar

AREA FOLIAR		
Tratamiento	Peso Fresco	Peso Seco
T0	0.291±0.021 ^{AB}	0.2587±0.017 ^{AB}
T1	0.142±0.083 ^B	0.126±0.078 ^B
T2	0.318±0.302 ^{AB}	0.277±0.277 ^{AB}
T3	0.364±0.162 ^A	0.321±0.145 ^{AB}
T4	0.175±0.021 ^{AB}	0.15±0.016 ^{AB}
T5	0.225±0.099 ^{AB}	0.209±0.096 ^{AB}
T6	0.263±0.024 ^{AB}	0.208±0.022 ^{AB}

8.5 Evaluación de nutrientes.

Se realizó la evaluación de peciolas para determinar los nutrientes que se tenían dentro de la planta, lo cual indica que en nitratos el T6 es el que menos asimilación tiene ya que presenta 1207 ppm, el de mayor concentración es el T2 que presenta diferencias significativas en relación con los tratamientos T5 y T6, en relación con el calcio el T5 es el mejor mostrando diferencias significativas en relación con el T0, en relación de potasio el T0 es el que muestra mayor concentración con diferencias significativas solo con el T6, en el nivel de sodio no hay diferencias significativas con ningún tratamiento e igual que el pH, en CE los T0, T1 y T4 presentan diferencias significativas con el T6.

Evaluación de Nutrientes						
Tratamiento	Nitratos	Calcio	Potasio	Sodio	pH	CE
T0	2167±634 ^{AB}	160±36.1 ^B	2400±100 ^A	22.667±1.528 ^A	5.3333±0.152 ^A	7.983±0.486 ^A
T1	1833±252 ^{ABC}	216.7±80.8 ^{AB}	2033.3±57.7 ^{AB}	25.667±1.528 ^A	5.233±0.208 ^A	7.287±0.541 ^A
T2	2433±651 ^A	233.3±77.7 ^{AB}	2167±551 ^{AB}	24.33±2.08 ^A	5.2333±0.152 ^A	7.83±1.461 ^A
T3	1833±306 ^{ABC}	286.7±70.2 ^{AB}	1933±208 ^{AB}	26.67±3.21 ^A	5.3333±0.057 ^A	7.16±0.723 ^{AB}
T4	1966.7±152.8 ^{AB}	246.7±85.0 ^{AB}	1900±265 ^{AB}	31.33±11.93 ^A	5.3333±5.33 ^A	7.553±0.553 ^A
T5	1667±252 ^{BC}	303.3±80.2 ^A	1900±608 ^{AB}	31.33±8.14 ^A	5.4±0.173 ^A	6.99±1.221 ^{AB}
T6	1207±352 ^C	216.7±85.0 ^{AB}	1600±361 ^B	26.00±6.24 ^A	5.3±0.173 ^A	5.4±1.593 ^B

+T. Tratamiento; *Los valores presentados en la tabla son medias ± error estándar, los valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba LSD-Fisher ($P < 0.05$).

T0. Agua; T1. Ceba CII; T2. Ceba 5-D3-C1-R1; T3. Ceba 4-D3-C1-R1; T4. Ceba Z2-D5-R2; T5. Ceba 4-4-2; T6. Ceba 2-D1-C2,

9. CONCLUSIONES

El experimento de bioestimulación con cepas aisladas de *Trichoderma* sp. permitió evaluar su impacto en el desarrollo de plantas de frambuesa (*Rubus idaeus*). A lo largo de cuatro evaluaciones semanales, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a parámetros clave como el número de hojas, brotes, entrenudos y altura de la planta. Destacó el tratamiento T5, que mostró un crecimiento más rápido, mayor diferenciación y un desarrollo superior en comparación con los demás tratamientos, favoreciendo una reducción en la fase vegetativa y una inducción temprana a la floración.

Asimismo, T3 evidenció un crecimiento inicial acelerado y un buen desarrollo radicular, mientras que T6, aunque presentó el menor crecimiento vegetativo, fue el tratamiento que generó la mayor cantidad de raíces. Estos resultados resaltan el potencial de *Trichoderma* sp. como bioestimulante en el cultivo de frambuesa, demostrando que su aplicación puede mejorar significativamente el desarrollo de la planta. Sin embargo, es necesario seguir investigando para optimizar su uso y determinar las cepas más eficientes en condiciones específicas de campo.

11. Bibliografía

Barnett H., Hunter B. Burgess Publ; Co., EE. UU: 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. <http://dx.doi:10.2307/3757954>.

Fu, S.-F., Wei, J.-Y., Chen, H.-W., Liu, Y.-Y., Lu, H.- Y., & Chou, J.-Y. (2015). Indole-3-acetic acid: A widespread physiological code in interactions of fungi with other organisms. *Plant signaling & behavior*, 10(8), e1048052. <https://doi.org/10.1080/15592324.2015.1048052>.

F. Vinale, EL Ghisalberti, K. Sivasithamparam, R. Marra, A. Ritieni, R. Ferracane, S. Woo, M. Lorito, Factores que afectan la producción de metabolitos secundarios de *Trichoderma harzianum* durante la interacción con diferentes patógenos vegetales, *Letters in Applied Microbiology* , Volumen 48, Número 6, 1 de junio de 2009, Páginas 705–711, <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02599.x>

Garcia, C. V. (2024). Efecto de bioestimulantes microbianos en plántulas y frutos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) producidos en macrotúnel. *Revista Bio Ciencia*, 1-18.

Harman, GE 2006. Descripción general de los mecanismos y usos de *Trichoderma* spp. *Fitopatología* 96:190-194.

Hollman, R. A. (2024). Efecto bioestimulante de cepas nativas de *Trichoderma* en la germinación de cuatro variedades de albahaca. *Mexican Journal of Phytopathology*, 15.

Infoagro. (2019). *Infoagro*. Obtenido de Infoagro: <https://mexico.infoagro.com/principales-zonas-productoras-de-berries/>

León. (21 de septiembre de 2022). *Agraria*. Obtenido de Agraria: <https://agraria.pe/noticias/produccion-mundial-de-frambuesa-alcanzo-las-637-918-tonelada-29355>

Rodríguez. (2020). *CEICKOR*. Obtenido de CEICKOR:
<https://www.centrouniversitarioceickor.edu.mx/home/2020/01/10/microorganismos-beneficos-en-la-agricultura/>

Rural, S. d. (15 de agosto de 2021). *Gobierno de México* . Obtenido de Gobierno de México : <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecen-a-doble-digito-produccion-y-exportacion-de-frambuesas-mexicanas?idiom=es>

Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. 2011. Dictionary of the fungi. 10th ed. UK: Wallingford; p. 131.

Martinez-Medina, A., Pozo, M. J., Cammue, B., & Vos, C. M. (2016). Belowground defense strategies in plants: The plant–Trichoderma dialogue. Belowground defence strategies in plants, 301-327. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42319-7_13

Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. 2011. Dictionary of the fungi. 10th ed. UK: Wallingford; p. 131.

Sutton DA, Fothergill AW, Rinaldi MG. 1998. Guide to clinically significant fungi. 1st ed. Baltimore: Williams & Wilkins.