



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto de los microorganismos eficientes, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), bajo acolchado plástico**

**MALDONADO OCHOA ERIKA ELIZABETH  
INGENIERA AGRONOMA**

**HERRERA CALDERON BRYAN ALEXANDER  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto de los microorganismos eficientes, en el cultivo de sandía  
(Citrullus lanatus), bajo acolchado plástico**

**MALDONADO OCHOA ERIKA ELIZABETH  
INGENIERA AGRONOMA**

**HERRERA CALDERON BRYAN ALEXANDER  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Efecto de los microorganismos eficientes, en el cultivo de sandía  
(Citrullus lanatus), bajo acolchado plástico**

**MALDONADO OCHOA ERIKA ELIZABETH  
INGENIERA AGRONOMA**

**HERRERA CALDERON BRYAN ALEXANDER  
INGENIERO AGRONOMO**

**LUNA ROMERO ANGEL EDUARDO**

**MACHALA  
2023**

# EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*), BAJO ACOLCHADO PLÁSTICO.

*por* BRYAN ALEXANDER HERRERA CALDERÓN

---

**Fecha de entrega:** 04-mar-2024 09:24a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2311359821

**Nombre del archivo:** TESIS\_HERRERA\_CALDERON\_Y\_MALDONADO\_OCHOA.docx (108.31K)

**Total de palabras:** 10782

**Total de caracteres:** 57688

# EFFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL CULTIVO DE SANDÍA (Citrullus lanatus), BAJO ACOLCHADO PLÁSTICO.

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 100 words

Excluir bibliografía

Activo

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, MALDONADO OCHOA ERIKA ELIZABETH y HERRERA CALDERON BRYAN ALEXANDER, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de los microorganismos eficientes, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), bajo acolchado plástico, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



MALDONADO OCHOA ERIKA ELIZABETH

0107037137



HERRERA CALDERON BRYAN ALEXANDER

0704592336

UNIVERSITAS  
MAGISTRO-  
RUM  
ET SCHOLAR-  
IUM

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo con profundo respeto y gratitud a quienes han sido pilares fundamentales en nuestra trayectoria académica. A nuestros padres y hermanos, cuyo inquebrantable apoyo y sacrificio han sido fuente de inspiración constante. A nuestros amigos y seres queridos quienes han compartido nuestras alegrías y nos han acompañado en los momentos de desafío. Vuestra presencia ha sido un regalo invaluable, llenando nuestros días de estudio con risas, compañerismo y momentos inolvidables.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo de tesis.

En primer lugar, a nuestros padres y familias, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificio han sido la fuerza motriz detrás de nuestro éxito académico. A nuestros distinguidos profesores, cuya guía experta y sabiduría han enriquecido nuestro aprendizaje y desarrollo.

A nuestro tutor de tesis, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por su orientación, mentoría y apoyo constante a lo largo de este proyecto.

A la Universidad Técnica de Machala, por proporcionarnos un entorno de aprendizaje estimulante y por brindarnos acceso a recursos académicos de primera calidad.

A nuestros amigos y seres queridos, les agradecemos por su apoyo incondicional, su ánimo constante y su comprensión durante este proceso académico.

# **EFFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*), BAJO ACOLCHADO PLÁSTICO.**

## **Autores:**

Herrera Calderón, Bryan Alexander

Maldonado Ochoa, Erika Elizabeth

## **Tutor:**

Ing. Agr. Luna Romero Ángel Eduardo, Mgs.

## **RESUMEN:**

El cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) es de gran importancia a nivel nacional e internacional debido a su alta demanda en el mercado. Sin embargo, factores como enfermedades y el manejo inadecuado del suelo pueden impactar negativamente su rendimiento y calidad. En este contexto, los microorganismos agrícolas juegan un papel crucial en estrategias ecológicas para abordar el manejo de nutrientes, control de enfermedades y plagas, contribuyendo así a mejorar la productividad y calidad de los cultivos de arena. La presente investigación se enfocó en evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos benéficos, específicamente *Trichodermas* y *Beauveria*, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* x Mega Lee) bajo condiciones de acolchado plástico. Los objetivos planteados se centraron en determinar la calidad de los frutos y analizar posibles diferencias en rendimiento entre los tratamientos aplicados. El experimento se llevó a cabo en la Granja "Santa Inés", perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. Esta granja está situada a 5,5 kilómetros de la vía Machala - Pasaje, específicamente en la parroquia El Cambio. Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (T0= Control; T1= *Trichodermas*; T2= *Beauveria*; T3= *Trichodermas* + *Beauveria*) y cuatro repeticiones donde las variables evaluadas fueron: Largo del fruto, Circunferencia del fruto, Diámetro del fruto, Peso del fruto, Sólidos solubles, Peso fresco de la raíz, Peso seco de la raíz, Materia aérea fresca y Materia aérea seca. El análisis de los datos se realizó usando el software IBM SPSS Statistics 22 mediante análisis paramétrico con la prueba ANOVA y análisis no paramétrico con la prueba de Kruskal-Wallis manejando una significancia de 0,05. Se emplearon gráficos

exploratorios como diagramas caja y sesgo y gráficos de barras permitiendo apreciar de manera visual el comportamiento de cada variable. Los resultados obtenidos con las pruebas paramétricas revelaron que la combinación de *Trichoderma spp.* y *Beauveria bassiana* (T3) en el suelo contribuyó significativamente a la producción de frutos de sandía, mostrando un aumento en el largo del fruto con un promedio de 28,85 cm y en el Peso seco de la raíz con un promedio de 8,60 g planta<sup>-1</sup>, también se encontró que el tratamiento con aplicación de *Trichoderma spp.* (T1) incrementó el Peso fresco de la raíz con un promedio de 14,15 g planta<sup>-1</sup> y con la aplicación con *Beauveria bassiana* (T2) se obtuvo Materia aérea fresca con un promedio de 565,25 g planta<sup>-1</sup> y 76,325 g planta<sup>-1</sup> en Materia aérea seca. El análisis no paramétrico reveló que el tratamiento T3 resultó mejor en comparación con los demás tratamientos aplicados, se obtuvo en la circunferencia del fruto un valor de 55,25 cm, en el Diámetro del fruto se obtuvo un valor de 17,59 cm y en el Peso del fruto un valor de 3,05 kg. La sinergia entre estos microorganismos demostró efectos complementarios que favorecieron la resistencia de las plantas al estrés abiótico y biótico, mejorando la calidad de los frutos en términos de simetría, uniformidad, peso y sólidos solubles. Además, se observó un incremento significativo en la producción de sandía con la aplicación combinada de *Trichoderma spp.* y *Beauveria bassiana* (T3) obteniendo un equivalente a 22,04 ton ha<sup>-1</sup>, superando el máximo indicado en la ficha técnica del híbrido de sandía Mega Lee.

**Palabras clave:** Microorganismos benéficos, Cultivo de sandía, Acolchado plástico, Calidad de los frutos.

# **EFFECT OF EFFICIENT MICROORGANISMS ON WATERMELON (*Citrullus Lanatus*) UNDER PLASTIC MULCH.**

## **Authors:**

Herrera Calderón, Bryan Alexander

Maldonado Ochoa, Erika Elizabeth

## **Tutor:**

Ing. Agr. Luna Romero Ángel Eduardo, Mgs.

## **ABSTRACT:**

Watermelon (*Citrullus lanatus*) crop is of great importance nationally and internationally due to its high market demand. However, factors such as diseases and inadequate soil management can negatively impact yield and quality. In this context, agricultural microorganisms play a crucial role in ecological strategies to address nutrient management, disease and pest control, thus contributing to improve the productivity and quality of sand crops. The present research focused on evaluating the effect of the application of beneficial microorganisms, specifically Trichodermas and Beauveria, on watermelon (*Citrullus lanatus* x Mega Lee) cultivation under plastic mulch conditions. The objectives were focused on determining fruit quality and analyzing possible differences in yield among the treatments applied. The experiment was carried out at the "Santa Inés" farm, which belongs to the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala. This farm is located 5,5 kilometers from the Machala - Pasaje road, specifically in the parish of El Cambio. A completely randomized block design was used with four treatments (T0= Control; T1= Trichodermas; T2= Beauveria; T3= Trichodermas + Beauveria) and four replications where the variables evaluated were: fruit length, fruit circumference, fruit diameter, fruit weight, soluble solids, root fresh weight, root dry weight, fresh aerial matter and dry aerial matter. Data analysis was carried out using IBM SPSS Estadísticas 22 software by means of parametric analysis with the ANOVA test and non-parametric analysis with the Kruskal-Wallis test with a significance of 0,05. Exploratory graphs such as box and skewness diagrams and bar graphs were used to visually appreciate the behavior of each variable. The results obtained with the parametric tests revealed that the combination of Trichoderma spp. and Beauveria bassiana (T3) in the soil contributed

significantly to the production of watermelon fruits, showing an increase in the length of the fruit with an average of 28,85 cm and in the dry weight of the root with an average of 8,60 g plant<sup>-1</sup>, It was also found that the treatment with application of *Trichoderma* spp (T1) increased the fresh weight of the root with an average of 14,15 g plant<sup>-1</sup> and with the application of *Beauveria bassiana* (T2) fresh aerial matter was obtained with an average of 565,25 g plant<sup>-1</sup> and 76,325 g plant<sup>-1</sup> in dry aerial matter. The non-parametric analysis revealed that the T3 treatment was better in comparison with the other treatments applied; a value of 55,25 cm was obtained in fruit circumference, a value of 17,59 cm in fruit diameter and a value of 3,05 kg in fruit weight. The synergy between these microorganisms showed complementary effects that favored plant resistance to abiotic and biotic stress, improving fruit quality in terms of symmetry, uniformity, weight and soluble solids. In addition, a significant increase in watermelon production was observed with the combined application of *Trichoderma* spp. and *Beauveria bassiana* (T3) obtaining an equivalent of 22,04 ton ha<sup>-1</sup>, exceeding the maximum indicated in the technical data sheet of the watermelon hybrid Mega Lee.

**Key words:** Beneficial microorganisms, Watermelon cultivation, Plastic mulch, Fruit quality.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	15
2.1. Origen .....	15
2.2. Usos e importancia.....	15
2.3. Valor nutricional .....	15
2.4. Producción .....	16
2.4.1 Producción mundial.....	16
2.4.2 Producción nacional .....	16
2.5 Requerimientos Edafoclimáticos .....	17
2.5.1 Altitud.....	17
2.5.2 Suelo.....	17
2.5.3 Precipitación y Humedad Relativa.....	17
2.5.4 Temperatura .....	18
2.6 Taxonomía .....	18
2.7 Morfología .....	19
2.7.1 Sistema radicular .....	19
2.7.2 Tallo .....	19
2.7.3 Hojas.....	19
2.7.4 Flores .....	19
2.7.5 Fruto .....	20
2.7.6 Semilla.....	20
2.8 Fenología.....	20
2.9 Características del híbrido Mega Lee F1 .....	21
2.10 Fertilización .....	21
2.11 Plagas y Control.....	21
2.12 Acolchado Plástico.....	22
2.13 Microorganismos eficientes.....	23
2.13.1 <i>Trichoderma</i> spp. ....	23
2.13.2 <i>Beauveria bassiana</i> .....	24
2.14 Estándares de calidad del fruto. ....	24
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	25
3.1 Ubicación y caracterización del área experimental .....	25

3.1.1	Área de estudio .....	25
3.1.2	Características edafoclimáticas del sitio experimental .....	25
3.2	Diseño Experimental.....	26
3.2.1	Factor de estudio y tratamientos.....	26
3.2.2	Modelo matemático.....	27
3.2.3	Especificidades del modelo .....	27
3.3	Variables a medir .....	28
3.4	Manejo del experimento .....	29
3.4.1	Preparación del área experimental .....	29
3.4.2	Métodos de siembra .....	30
3.4.5	Conducción del experimento.....	32
3.4.6	Recolección de datos .....	35
3.5	Procedimiento estadístico .....	37
3.5.1	Descripción estadística de las variables y los tratamientos objeto de estudio .....	37
3.5.2	Verificación de los supuestos de modelo estadístico utilizado .....	37
3.5.3	Contraste de prueba de hipótesis para determinar si existen o no diferencias estadísticas entre tratamientos del factor de estudio .....	39
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>41</b>
4.1	Descripción estadística de las variables y los tratamientos .....	41
4.2	Verificación de los supuestos de modelo estadístico utilizado .....	48
4.2.1	Normalidad de datos.....	48
4.2.2	Homogeneidad de varianzas.....	51
4.3	Determinación de la presencia o no de diferencias estadísticas entre tratamiento .....	52
4.3.1	Análisis de varianza (ANOVA) .....	52
4.3.2	Pruebas post hoc .....	53
4.4.	Prueba de Kruskal-Wallis .....	57
4.4.	Estimación del Rendimiento Agrícola (kg ha-1) .....	61
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>63</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Valor Nutricional del fruto de Sandía.....	15
<b>Tabla 2.</b>	Taxonomía de la Sandía. ....	18

<b>Tabla 3.</b> Etapa fenológica, días desde la siembra. ....	20
<b>Tabla 4.</b> Tratamientos y especificación de cantidades utilizadas. ....	26
<b>Tabla 5.</b> Descripción de las variables, unidades, número de muestras, instrumentos, marca y modelo de equipos empleados en las mediciones. ....	29
<b>Tabla 6.</b> Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable largo del fruto. ....	41
<b>Tabla 7.</b> Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable circunferencia del fruto. ....	42
<b>Tabla 8.</b> Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable diámetro del fruto .....43	43
<b>Tabla 9.</b> Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable peso del fruto. ....	44
<b>Tabla 10.</b> Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable sólidos solubles. ....	46
<b>Tabla 11.</b> Estadísticos descriptivos de los tratamientos para las variables peso fresco y peso seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> ). ....	47
<b>Tabla 12.</b> Estadísticos descriptivos de los tratamientos para las variables materia aérea fresca y materia aérea seca (g planta <sup>-1</sup> ). ....	48
<b>Tabla 13.</b> Pruebas de normalidad de datos para cada variable y tratamientos. ....	49
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes .....50	50
<b>Tabla 15.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas para las variables de estudio. ....	51
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza para las variables: Largo del fruto (cm); Peso fresco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> ); Peso seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> ); Materia aérea fresca (g planta <sup>-1</sup> ); Materia aérea seca (g planta <sup>-1</sup> ). ....	52
<b>Tabla 17.</b> Tabla de Subconjuntos homogéneos de Duncan para la variable largo del fruto (cm) ....	53
<b>Tabla 18.</b> Tabla de Subconjuntos homogéneos de Duncan para las variables de peso fresco y seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> ). ....	54
<b>Tabla 19.</b> Tabla de Subconjuntos homogéneos de Duncan para las variables de Materia aérea fresca y seca (g planta <sup>-1</sup> ) ....	56
<b>Tabla 20.</b> Comparaciones por parejas de las aplicaciones de microorganismos (Var. Circunferencia del fruto). ....	57
<b>Tabla 21.</b> Comparaciones por parejas de las aplicaciones de microorganismos (Var. Diámetro del fruto). ....	58
<b>Tabla 22.</b> Comparaciones por parejas de las aplicaciones de microorganismos (Var. Peso del fruto). ....	59
<b>Tabla 23.</b> Comparaciones por parejas de las aplicaciones de microorganismos (Var. Sólidos solubles). ....	60
<b>Tabla 24.</b> Tabla de Rendimientos obtenidos en kg para cada tratamiento dado en un área de 43,13 m <sup>2</sup> y su equivalente en kg ha <sup>-1</sup> . ....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación georreferenciada del área experimental .....	25
<b>Figura 2.</b> Croquis del experimento .....	28
<b>Figura 3.</b> Delimitación de las UE en el área experimental .....	29
<b>Figura 4.</b> Plántulas de sandía a los 15 días después de la siembra (DDS). .....	30
<b>Figura 5.</b> Ubicación de las unidades experimentales.....	31
<b>Figura 6.</b> Colocación de tutores.....	31
<b>Figura 7.</b> Labor de deshierbe.....	32
<b>Figura 8.</b> Aplicación de riego.....	32
<b>Figura 9.</b> Uso de balanza analítica en la dosificación de los tratamientos (T1: 0,27 mg planta <sup>-1</sup> ; T2: 0,068 mg planta <sup>-1</sup> ; T3: 0,338 mg planta <sup>-1</sup> )......	34
<b>Figura 10.</b> A) Aplicación de bio insecticida orgánico; B) Colocación de trampas cromáticas para el control de pulgones.....	34
<b>Figura 11.</b> Toma de datos de las variables; A) Largo del fruto, B) Circunferencia del fruto, C) Peso del fruto; D) Diámetro del fruto, E) Sólidos solubles.....	35
<b>Figura 12.</b> Preparación de las muestras; A) Materia aérea fresca, B) Materia aérea seca.....	36
<b>Figura 13.</b> Diagrama de caja y sesgo para la variable largo del fruto en los diferentes tratamientos, T0(control), T1 ( <i>Trichodermas</i> ), T2 ( <i>Beauveria</i> ), T3 ( <i>Trichodermas</i> + <i>Beauveria</i> ). .....	42
<b>Figura 14.</b> Diagrama de caja y sesgo para la variable circunferencia del fruto.....	43
<b>Figura 15.</b> Diagrama de caja y sesgo para la variable diámetro del fruto. ....	44
<b>Figura 16.</b> Diagrama de caja y sesgo para la variable peso del fruto. ....	45
<b>Figura 17.</b> Diagrama de caja y sesgo para la variable solidos solubles.....	46
<b>Figura 18.</b> Efecto de la aplicación de microorganismos sobre el largo del fruto (cm) de sandía. 53	
<b>Figura 19.</b> Efecto de la aplicación de microorganismos sobre el peso fresco y seco de la raíz. 55	
<b>Figura 20.</b> Efecto de la aplicación de microorganismos sobre el peso de la materia aérea fresca y seca de la planta de sandía. ....	57

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola constituye un pilar fundamental en la economía de muchos países, incluido Ecuador. En este contexto, la sandía (*Citrullus lanatus*) se destaca como un cultivo de gran importancia, tanto a nivel nacional como internacional, debido a su amplio consumo y demanda en el mercado. Según la FAO en el 2008, afirma que la producción de sandía en los últimos años se ha constituido en una alternativa de generación de mejores y más estables ingresos para el agricultor y se estima que la superficie de producción ha sufrido un incremento interesante (Rosales, 2018).

Este crecimiento ha sido impulsado principalmente por la demanda de exportaciones (52 toneladas), estimando que la sandía genera anualmente 1 209 millones de empleo en forma directa para la sociedad involucrada a esta actividad (Rosales, 2018). El Ecuador al poseer zonas de clima tropical presenta condiciones adecuadas para la producción de diversas frutas como la sandía. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en el 2014 se sembraron en el Ecuador alrededor 4 230 ha de sandía. Teniendo así una producción media por año de 50 642 toneladas (Rosado, 2020).

Sin embargo, diversos factores, como enfermedades y el manejo inadecuado del suelo, pueden afectar negativamente el rendimiento y la calidad de los cultivos. En este sentido, los microorganismos de relevancia en el ámbito agrícola desempeñan un papel fundamental en la estrategia ecológica orientada hacia la implementación integral de técnicas que abordan aspectos como el manejo de nutrientes, el control de enfermedades y plagas, con el propósito de disminuir la dependencia de productos químicos en la agricultura y, al mismo tiempo, elevar el rendimiento de los cultivos. (Bhattacharyya et al., 2016)

El uso de microorganismos beneficiosos en la agricultura ofrece una alternativa sostenible a los productos químicos. Estos microorganismos pueden mejorar la salud del suelo, promover la disponibilidad de nutrientes y estimular el crecimiento de las plantas. Al reducir la dependencia de productos químicos sintéticos, se pueden disminuir los efectos negativos en el medio ambiente, como la contaminación del agua y la degradación del suelo. Los beneficios incluyen la fijación de nitrógeno, la absorción de nutrientes, el control de enfermedades y la mejora de la estructura del suelo (Vadakattu, 2012).

La aplicación de *Trichodermas* ha surgido como una práctica prometedora en la agricultura, ofreciendo beneficios significativos para la salud de las plantas. Los *Trichodermas* son hongos benéficos del suelo que poseen propiedades antagonistas contra patógenos y estimulan el crecimiento de las plantas a través de la producción de enzimas y compuestos bioactivos. Estos hongos antagonistas deben estudiarse con mayor profundidad para la identificación de moléculas bioactivas de uso industrial o en formulaciones comerciales de productos para el control biológico de patógenos en plantas (Mesa Vanegas et al., 2020).

Los hongos entomopatógenos, poseen gran potencial como agentes controladores de poblaciones de insectos de diversas características. Existen varios géneros de interés por ser controladores muy efectivos y dentro de estos, los más difundidos son *Beauveria*, *Metarhizium*, *Rhizopus* y *Fusarium*. En el caso de *Beauveria*, es un hongo que infecta a más de 200 especies de insectos, los más importantes por su efecto perjudicial en los cultivos son: las hormigas cortadoras (*Atta* y *Acromyrmex* spp), picudo del algodón (*Anthonomus grandis*), trips (*Thysanoptera*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), langostas (*Schistocerca* spp), entre otros (Blanco et al., 2022).

El empleo de hongos en la agricultura ha experimentado un notable aumento y representa un avance significativo en la búsqueda de soluciones para el enriquecimiento del suelo y la gestión efectiva de patógenos. La introducción de microorganismos beneficiosos refuerza el sistema inmunológico de las plantas, elevando su resistencia a enfermedades y plagas. Esto conlleva a una disminución en la necesidad de emplear pesticidas y fungicidas, contribuyendo tanto la salud humana como el medio ambiente. Asimismo, al reducir las pérdidas ocasionadas por enfermedades y plagas, se logra mejorar la calidad y rendimiento de la cosecha (Brown, 2018)

Esta investigación se centra en analizar los efectos de la aplicación de *Trichodermas* y *Beauveria* en el cultivo de sandía bajo un sistema de acolchado plástico en la provincia de El Oro, específicamente en la ciudad de Machala. El uso de acolchados, una técnica que implica cubrir la superficie de cultivo con materiales orgánicos o sintéticos, ha demostrado ser exitoso en diversos cultivos, ofreciendo beneficios como la conservación del agua, el control de malezas y la protección de los frutos.

En este contexto, la investigación sobre la aplicación de microorganismos benéficos busca aportar al conocimiento científico en el ámbito de la agricultura sostenible. Los resultados obtenidos podrían servir como base para el desarrollo de recomendaciones prácticas y guías de manejo dirigidas a los agricultores locales, fomentando así la adopción de prácticas agrícolas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente en la región.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto que ejercen las *Trichodermas* y *Beauberia* aplicadas en diferentes niveles sobre los parámetros de rendimiento y calidad estudiados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* x Mega Lee).

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la calidad de los frutos mediante la aplicación de microorganismos eficientes (*Trichodermas* y *Beauberia*) en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* x Mega Lee).
- Determinar si existe diferencias en cuanto a rendimiento con respecto a los distintos tratamientos aplicados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* x Mega Lee).

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Origen

La sandía, originaria de los países de África tropical, tiene una historia de cultivo que se remonta a siglos atrás en las riberas del Nilo. Desde este punto inicial, su propagación abarcó numerosas regiones bañadas por el mar Mediterráneo. Fueron los pobladores europeos quienes introdujeron la sandía en América, consolidando su cultivo en todo el continente. En la actualidad, la sandía es una de las frutas más cultivadas a nivel mundial, destacando como principales productores países como Turquía, Grecia, Italia, España, China y Japón (Casaca, 2005).

### 2.2. Usos e importancia

La sandía es un magnífico diurético, su elevado poder alcalinizante favorece la eliminación de ácidos perjudiciales para el organismo. Está formada principalmente por agua (93%), el color rosado de su pulpa se debe a la presencia de carotenoide licopeno, elemento que representa un 30% del total de carotenoides del cuerpo humano (Casaca, 2005; Nkoana et al., 2022).

### 2.3. Valor nutricional

**Tabla 1.** Valor Nutricional del fruto de Sandía.

<b>Componente</b>	<b>En 100 g de materia</b>
Calorías	31,4 cal
Agua	92,80%
Carbohidratos	5,90 mg
Fibras	0,30 mg
Cenizas	0,30 mg
Calcio	6,00 mg
Fósforo	11,0 mg
Hierro	0,76 mg
Vit. A	590,0 u.i
Vit. B1	0,06 mg
Vit. B2	0,04 mg
Niacina	0,20 mg
Vitamina c	26,0 mg

**Fuente:** Cardenas, (2001)

## **2.4. Producción**

### **2.4.1 Producción mundial**

Según la FAO en el 2021, la Producción de Sandías en el mundo alcanzó las 102 171 351,21 toneladas en un área total de 3 022 142 hectáreas, obteniendo un rendimiento agrícola de 33,81 ton ha<sup>-1</sup>, siendo China el país con la mayor producción (60 438 008,23 toneladas) representando el 59,03% de la producción mundial seguido de Turquía, India, Pakistán, Brasil y Argelia.

A China le siguen, en orden descendente, Turquía, Irán, Brasil y Estados Unidos, países en los cuáles la producción oscila entre los 2 y 4 millones de toneladas. Los países mencionados entran dentro de los 10 representantes que forman, en conjunto, el 84 % de la producción mundial del 2008, misma que superó los 98 millones de toneladas. Aproximadamente el 2,22% de la producción global de sandía se destina al comercio mundial. Esta cifra la convierte, junto con las bananas, manzanas, uvas y cítricos, en el conjunto más importante de productos frutícolas comercializados en el mundo (Fretes & Martínez, 2011).

### **2.4.2 Producción nacional**

De acuerdo con los datos proporcionados por el Tercer Censo Agropecuario (Villón, 2011), en Ecuador se cultivaron 1 905 hectáreas de sandía como cultivo único, distribuidas en 1 788 unidades de producción agropecuarias (UPAs), logrando una producción total de 25 818 toneladas. Adicionalmente, se registraron 363 hectáreas de sandía en cultivos asociados que produjeron 273 toneladas. El período de siembra de sandía en Ecuador abarca desde mayo hasta octubre, con exportaciones que suelen realizarse entre los meses de septiembre y diciembre.

La sandía desempeña un papel significativo en la economía rural de Ecuador, contribuyendo con 1 200 000 dólares estadounidenses anuales y generando utilidades que varían entre 400 000 y 600 000 dólares cuando los rendimientos son satisfactorios. En consecuencia, es crucial abordar cuestiones relacionadas con la calidad del producto, como la textura de la pulpa, el grosor de la cáscara, el sabor, los grados Brix, entre otros, para satisfacer las expectativas del consumidor final, particularmente cuando se cultiva sandía injertada sobre calabaza (Orrala, 2013).

Según la FAO, en cuanto a la Producción/Rendimiento de sandías en Ecuador en el 2021 llegó a 75 202,77 toneladas de producción en un área total de 4 923 hectáreas, lo cual da en promedio 15,275 ton ha<sup>-1</sup>, representando un incremento de producción en los últimos 10 años (FAOSTAT, 2023).

## **2.5 Requerimientos Edafoclimáticos**

### **2.5.1 Altitud**

La altitud óptima para el cultivo de sandía abarca desde altitudes bajas, a nivel del mar, hasta los 300 metros sobre el nivel del mar. El éxito del cultivo está intrínsecamente ligado a las condiciones climáticas, donde la temperatura y la humedad juegan un papel fundamental. En este complejo clima, la sandía y otros cultivos pueden experimentar condiciones favorables o desfavorables (Fernandez, 1996).

### **2.5.2 Suelo**

El cultivo de sandía requiere suelos fértiles, franco-arenosos, franco limoso, franco-arcillosos; con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje. Con pH entre 5,5 y 6,6. Tolerancia ligera acidez y no tolera suelos salinos (Chiriboga, Gomez & Garces, 2015; Devi et al., 2020).

### **2.5.3 Precipitación y Humedad Relativa**

Según Restrepo (1998), La cantidad de lluvia necesaria para el cultivo de sandía debe oscilar entre 500 y 1 500 mm anuales. La sandía presenta su mejor desempeño cuando la humedad relativa se encuentra en un rango óptimo, situándose entre el 60 % y el 80 %. Este intervalo se revela como un factor crítico, especialmente durante la fase de floración, donde la planta es particularmente sensible a las condiciones ambientales (Casaca, 2005).

En particular, la sandía requiere una cantidad significativa de agua para el desarrollo de sus frutos, por lo tanto, el rendimiento de la cosecha se encuentra fuertemente vinculado a la disponibilidad de humedad en el suelo. La relación entre la temperatura, la humedad y el suministro adecuado de agua se convierte en un factor determinante para el éxito del cultivo de sandía (Fernandez, 1996).

### 2.5.4 Temperatura

La sandía demuestra un crecimiento y fructificación óptimos en un clima caracterizado por ser semi seco y cálido, como el que se encuentra en la región del Pacífico Centroamericano. Las condiciones ideales para este cultivo incluyen una temperatura óptima que oscile entre 18 y 25 °C, con máximas de 32 °C y mínimas de 10 °C (Khandaker et al., 2020). La sandía demanda aproximadamente 10 horas de luz diaria, según lo indicado por Casaca (2005).

Su desarrollo se ve favorecido cuando el período vegetativo coincide con condiciones soleadas y secas, aunque es esencial contar con una cantidad adecuada de humedad en el suelo para un rendimiento óptimo. La información proporcionada por Fernandez (1996) destaca la importancia de comprender y adaptarse a las condiciones climáticas específicas para asegurar el éxito del cultivo de sandía en esta región.

### 2.6 Taxonomía

**Tabla 2.** Taxonomía de la Sandía.

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Dilleniidae
<b>Orden</b>	Violales
<b>Suborden</b>	Violanae
<b>Familia</b>	Cucurbitaceae
<b>Género</b>	<i>Citrullus</i>
<b>Especie</b>	<i>Lanatus</i> (thunb).

**Fuente:** Chamorro & Gallegos, (2012)

## **2.7 Morfología**

### **2.7.1 Sistema radicular**

Se caracteriza por ser extenso y ramificado, la raíz principal se divide en raíces primarias, que a su vez se subdividen aún más. Este sistema de raíces es superficial, mayormente ubicado a una profundidad de 30 a 50 cm (Ulas et al., 2019). La raíz principal se desarrolla considerablemente en comparación con las secundarias. Además, se forman raíces adventicias y ramificaciones que tienen el potencial de crear una densa y voluminosa red de raíces (Crawford & Abarca, 2017).

### **2.7.2 Tallo**

Son de naturaleza herbácea, presentando una textura suave y un color verde. Son de naturaleza postrada, capaces de trepar y se extienden a lo largo. Están provistos de zarcillos en el tallo mismo, los cuales pueden dividirse en dos o tres partes en su extremo, dependiendo si se dividen en dos o tres partes (Lee et al., 2021). La forma del tallo es cilíndrica y muestra surcos longitudinales, además de ser cubierto de una densa pilosidad. Los pelos, que son cortos y finos, están orientados en dirección inclinada y tienen un brillo semejante al de la seda (Reche, 1994).

### **2.7.3 Hojas**

Las hojas presentan pecíolos y se dividen en un rango de 3 a 5 lóbulos, finalizando en secciones de forma redondeada. La superficie superior de la hoja tiene una textura suave al tacto, mientras que la parte inferior es bastante áspera, y las venas se hacen notorias (Sun, Fan & He, 2019). La hoja cuenta con una vena principal que se ramifica en venas secundarias, estas a su vez se subdividen en venas aún más pequeñas que llegan hasta el borde de la hoja (Panchana, 2009).

### **2.7.4 Flores**

En las axilas de las hojas nacen unas yemas que están protegidas por hojitas colocadas en forma imbricada. Estas yemas son floríferas y dan lugar a flores masculinas y femeninas. Estas últimas son las que, una vez polinizadas, darán origen al fruto, diferenciándose fácilmente unas de otras porque las femeninas poseen un ovario ínfero que se aprecia notablemente (Wijesinghe et al., 2020). Las flores de la sandía son de color amarillo, solitarias, pedunculadas

y axilares; atrayendo a los insectos por su color, aroma y néctar (flores entomógamas). La flor de la sandía puede ser masculina o estaminada y femenina o pistilada, es decir, los dos sexos coexisten en una misma planta monoica, pero en flores distintas, o sea, unisexuales monoicas (Reche, 1994).

### 2.7.5 Fruto

El producto de la sandía es una gran baya con forma redonda. Su peso varía en el rango de 2 a 20 kilogramos. La superficie externa puede mostrar diversidad de tonos, lo cual está directamente relacionado con la variedad de sandía; algunas pueden tener un color uniforme, como verde claro u oscuro, e incluso tonos amarillos, mientras que otras pueden presentar franjas de color verde claro o amarillo (Ilahy et al., 2019). La parte interna, la pulpa, también puede experimentar variaciones cromáticas, incluyendo tonos de rojo, rosado o amarillo (Mendoza, 2009).

### 2.7.6 Semilla

Dispuestas en toda la pulpa, a diferencia del melón que se encuentran agrupadas en un espacio central, estas suelen ser más cortas que el doble de su ancho. Tienen forma ovalada y aplastada, con una textura sólida. Tanto su peso como su color son cambiantes, pudiendo ser blancas, amarillas, de tonos melados, negras, y otros (Petchsomrit et al., 2020). Algunas pueden tener manchas, mientras que otras no presentan esta característica. Además, cuentan con expansiones alares en los extremos más afilados (Reche, 1994).

## 2.8 Fenología

**Tabla 3.** Etapa fenológica, días desde la siembra.

<b>Etapa fenológica</b>	<b>Días</b>
Germinación.	5 – 6
Inicio de emisión de guías.	18 – 23
Inicio de floración.	25 – 28
Plena flor.	35 – 40
Inicio de cosecha.	71 – 40
Término de cosecha.	92 – 100

**Fuente:** Casaca, (2005)

## 2.9 Características del híbrido Mega Lee F1

Según Importadora Alaska (2019), las características descritas en su ficha técnica indican que el fruto de este híbrido es de forma redonda, lo cual lo hace un fruto de fácil transporte y manejo; además presenta un tamaño uniforme con un peso que puede variar de 3,5 a 4,8 kg cuando se establece como cultivo de baja densidad (5 000 a 6 000 plantas ha<sup>-1</sup>), y de 2,5 a 3,5 kg en cultivos de alta densidad (12 000 plantas ha<sup>-1</sup>). La cascara presenta un color verde claro y su pulpa de color rojo es muy firme con excelentes contenidos de azúcares que van desde los 10,6 a 11,7 °Brix. Los días aproximados a la cosecha van desde los 60 a 65 días, llegando a tener un excelente potencial de rendimiento que varían entre los 15 a 20 ton ha<sup>-1</sup>.

## 2.10 Fertilización

Según Chemonics International (2011), las extracciones de nutrientes para una producción de 40 a 60 ton ha<sup>-1</sup> de cultivo de Sandía son las siguientes: para N, entre 150 a 250 kg ha<sup>-1</sup>, 150 kg ha<sup>-1</sup> para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, de 250 - 450 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 25 - 30 kg ha<sup>-1</sup> de MgO.

## 2.11 Plagas y Control

El cultivo de sandías puede encontrarse con desafíos relacionados con diversas plagas que afectan tanto a las plantas como a los frutos, por lo que es fundamental implementar un manejo adecuado de estas plagas para asegurar un rendimiento óptimo y la calidad de la cosecha. A continuación, se describen algunas de las plagas comunes en el cultivo de sandías, así como las estrategias de control recomendadas.

- **Ácaros y Pulgones:** Son insectos diminutos que se alimentan de la savia de las plantas, debilitando su crecimiento. Para controlar estos insectos, se sugiere la introducción de enemigos naturales como mariquitas y ácaros depredadores. Además, el uso de insecticidas específicos y la rotación de cultivos son prácticas efectivas para mantener bajo control la presencia de estas plagas (Schmidt-Jeffris et al., 2021; Sankar et al., 2022).
- **Gusanos Cortadores:** Las larvas de diversos insectos, como el gusano cortador, tienen la capacidad de atacar las plántulas y causar daños considerables. El control de estas plagas implica la aplicación de insecticidas específicos para larvas y el monitoreo regular del cultivo para detectar signos tempranos de infestación. La rotación de cultivos también se

recomienda como una estrategia clave para reducir la presión de los gusanos cortadores (Fred et al., 2022).

- **Mildiú Polvoriento:** El mildiú polvoriento es un hongo que puede afectar las hojas de las plantas, disminuyendo la fotosíntesis y debilitando la planta. Se aconseja el uso de fungicidas específicos para el mildiú polvoriento, junto con la selección de variedades resistentes y la aplicación preventiva de tratamientos fungicidas en condiciones propicias para la enfermedad (Jones et al., 2020).
- **Mosca Blanca:** Las moscas blancas, al alimentarse de la savia de las plantas, pueden transmitir enfermedades virales. Para controlar la población de mosca blanca, se utilizan métodos como trampas adhesivas, insecticidas específicos y la introducción de enemigos naturales, como avispas parásitas (Qureshi & Kostyk, 2023).
- **Nematodos:** Los nematodos pueden afectar las raíces de las plantas, interfiriendo con la absorción de nutrientes. Estrategias esenciales para controlar los nematodos incluyen la rotación de cultivos, la elección de variedades resistentes y la implementación de prácticas agronómicas adecuadas, como la solarización del suelo. Estas medidas contribuyen significativamente a mitigar los efectos negativos de los nematodos en el cultivo de sandías (Bello et al., 2020).

## 2.12 Acolchado Plástico

La técnica de acolchado, también conocida como "mulching", se emplea tanto en cultivos herbáceos como leñosos con el propósito de mejorar el control de las malas hierbas, incrementar la temperatura del suelo y reducir la evaporación del agua (Adamović et al., 2021). Para esta práctica, los plásticos más comúnmente utilizados son los films de polietileno, con un espesor que generalmente oscila entre 120 y 200 micrómetros (en áreas expuestas al viento, puede llegar a 300 micrómetros). En algunos casos, estos films pueden estar microperforados para prevenir la acumulación de agua debajo de su superficie. Se prefieren materiales de color negro, tanto plásticos como mallas, ya que ofrecen una mayor durabilidad y son más efectivos en el control de las malas hierbas (Díaz & Santos, 2012).

## 2.13 Microorganismos eficientes.

### 2.13.1 *Trichoderma* spp.

***Trichoderma viride*:** Es un hongo filamentoso de carácter anaerobio facultativo, se distribuye ampliamente en suelos, plantas, vegetación muerta y madera. Su crecimiento en medios como Agar glucosado de Sabouraud y Agar papa-dextrosa muestra colonias de desarrollo rápido que pasan de una textura algodonosa inicial a una compacta, esporulando en unos cinco días (Narwade et al., 2023).

En el plano microscópico, presenta hifas hialinas septadas, conidióforos ramificados y conidios ovalados de alrededor de 3  $\mu\text{m}$ . Además de su interés científico, este hongo desempeña roles prácticos, como fungicida biológico en la agricultura y estimulador de crecimiento vegetal, mientras que su capacidad para degradar pesticidas persistentes lo hace valioso para la biorremediación (Biocultivos, 2009).

También actúa como antagonista natural contra diversos fitopatógenos, lo que contribuye a la salud de las plantas, este hongo se adapta a una gama diversa de sustratos, lo que facilita su producción en masa y su uso en la agricultura (Yassin et al., 2021a). Su capacidad de sobrevivir en condiciones extremas y en ambientes con altos niveles de pesticidas lo convierte en un eficaz agente de control.

A nivel microscópico, sus enzimas son capaces de hidrolizar paredes celulares de otros hongos, y esta habilidad, junto con su adaptabilidad y su papel como antagonista, lo posiciona como una herramienta clave tanto para la investigación científica como para la mejora de prácticas agrícolas y la remediación ambiental (Biocultivos, 2009; Yassin et al., 2021b).

***Trichoderma harzianum*:** es un organismo que se halla en diversas sustancias orgánicas y tipos de suelo, y demuestra una adaptación notable a diversas condiciones ambientales, lo que contribuye a su extensa distribución geográfica (Abdullah et al., 2021). Algunas de sus especies tienen preferencia por entornos secos y de temperatura moderada, mientras que otras prosperan en zonas templadas y frías (Zin & Badaluddin, 2020).

Estos hongos son reconocidos por su capacidad para producir tanto toxinas como antibióticos. En el ámbito de la agricultura de hongos comestibles, se pueden encontrar diversas

especies y cepas de *T. harzianum* (Rifai). Es importante destacar que algunas de estas cepas son inofensivas, mientras que otras pueden causar daños significativos. La naturaleza de su interacción antagonista con los hongos cultivados aún no se comprende completamente, y esta relación varía en función de la especie y la cepa específicas (Seaby, 1996; Mazrou et al., 2020).

### **2.13.2 *Beauveria bassiana***

El hongo *Beauveria bassiana* es considerado uno de los agentes de control biológico con mejor eficiencia en el sector agrícola. Existen experiencias de todas partes del mundo en el control exitoso de varios tipos de plagas, que causan daño y grandes pérdidas en el sector (McGuire & Northfield, 2020). El uso masivo de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* producidos en sustratos naturales tiene un gran potencial de disminuir la cantidad de plaguicidas químicas aplicadas en la agricultura (Norjmaa et al., 2019). Causa efectos permanentes en las poblaciones de insectos plaga de importancia económica. Infecta a más de 200 especies de insectos, entre los que se destacan hormigas, gusanos, áfidos, ácaros y escarabajos (Chiriboga et al., 2015).

### **2.14 Estándares de calidad del fruto.**

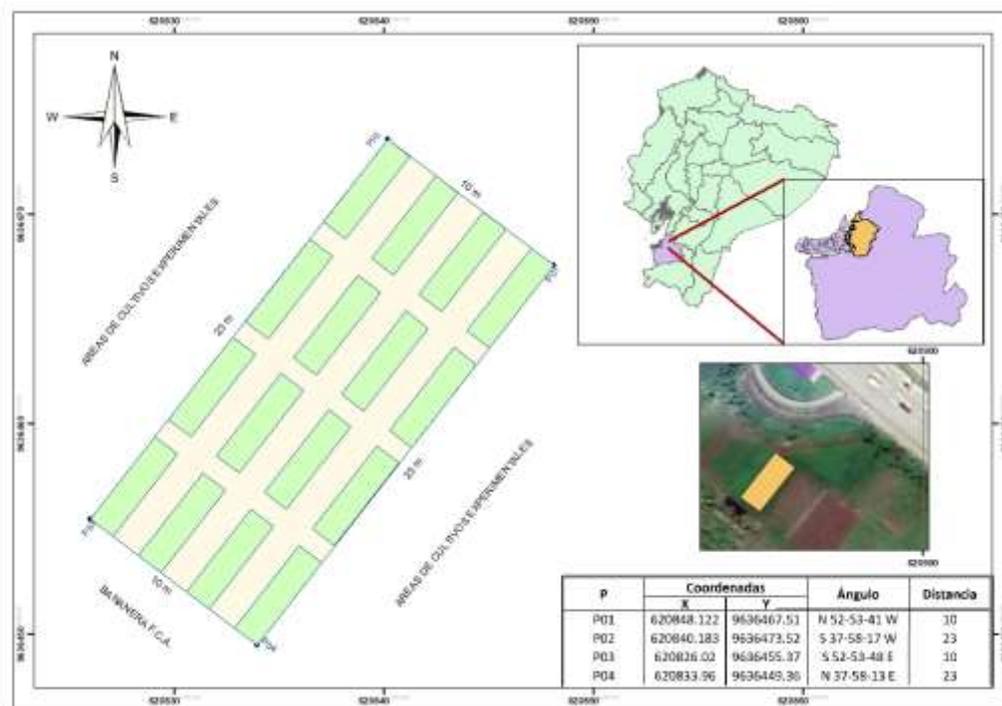
Para asegurar la calidad de las sandías, es esencial que los frutos sean simétricos, uniformes y exhiban una superficie cerosa y brillante, sin cicatrices, quemaduras solares, abrasiones, suciedad u otros defectos visibles. En los Estados Unidos, se establecen tres grados de calidad: Fino (Fancy), No. 1 (25 libras o más) y No. 2 (20-25 libras), basados principalmente en la apariencia externa de las sandías, mientras que, para garantizar un desarrollo óptimo de los frutos, se recomienda la aplicación de fertilizantes foliares con microelementos a partir de los 20 días después de la siembra, así como aplicaciones de calcio y boro a los 40 días. Además, se enfatiza la importancia de preparar adecuadamente el suelo con un análisis químico y utilizar un sistema de riego, considerando una necesidad mínima de agua de entre 500 mm y 700 mm de precipitación (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, 2007; Shrefler et al., 2015; Boyhan et al., 2019).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación y caracterización del área experimental

##### 3.1.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Granja "Santa Inés", perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. Esta granja está situada a 5,5 kilómetros de la vía Machala - Pasaje, específicamente en la parroquia El Cambio del cantón Machala, en la provincia de El Oro, dentro de las coordenadas 3°17'18" de latitud Sur y 79°54'44" de longitud Oeste a una altitud de 12 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación georreferenciada del área experimental

##### 3.1.2 Características edafoclimáticas del sitio experimental

Según Villaseñor et al. (2015), el suelo en esta área se clasifica como un Inceptisol, mientras que de acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en 2014, se categoriza como un subgrupo Aquic Dystrustepts. Este suelo presenta una textura arcillo-arenosa-arcillosa y se forma a partir de sedimentos aluviales (Espinosa et al., 2018; Lazo et al., 2023).

En relación al patrón de precipitación, se clasifica en dos períodos distintos, con un lapso lluvioso que abarca desde diciembre hasta mayo. La precipitación promedio anual se sitúa en 1 250 mm, acompañada de una temperatura media anual que varía entre 24 y 26 °C (Luna et al., 2018).

En el marco de las actividades realizadas durante la campaña agrícola del año 2021, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del suelo con el fin de evaluar sus propiedades fundamentales. Los resultados obtenidos revelaron un pH de 6,6, una conductividad eléctrica (C.E.) de 1,31 mS/cm y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 23,5 meq/100 g de suelo. Además, se determinó que la materia orgánica presente en el suelo alcanzaba un nivel del 5.9%.

### 3.2 Diseño Experimental

Se aplicó el diseño en bloques completamente al azar (DBCA) cuyo esquema de aleatorización es usado en la investigación de la influencia de un factor de estudio con cuatro versiones (tratamientos), cuatro repeticiones y con cuatro variables de estudio, manejando de manera homogénea en todo el material y entorno experimental.

#### 3.2.1 Factor de estudio y tratamientos

El factor de estudio manipulado fue la aplicación de microorganismos de forma edáfica en el cultivo de sandía, el mismo que se divide en los tratamientos: T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>.

**Tabla 4.** Tratamientos y especificación de cantidades utilizadas.

<b>Tratamientos</b>	<b>Identificación</b>	<b>Dosis (mg planta<sup>-1</sup>)</b>
Control	T <sub>0</sub>	0
<i>Trichoderma spp</i>	T <sub>1</sub>	0,27
<i>Beauveria bassiana</i>	T <sub>2</sub>	0,068
<i>Trichoderma spp</i> + <i>Beauveria bassiana</i>	T <sub>3</sub>	0,338

### 3.2.2 Modelo matemático

El modelo matemático utilizado en el diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) está representado por la siguiente ecuación (diseño aditivo lineal).

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$$

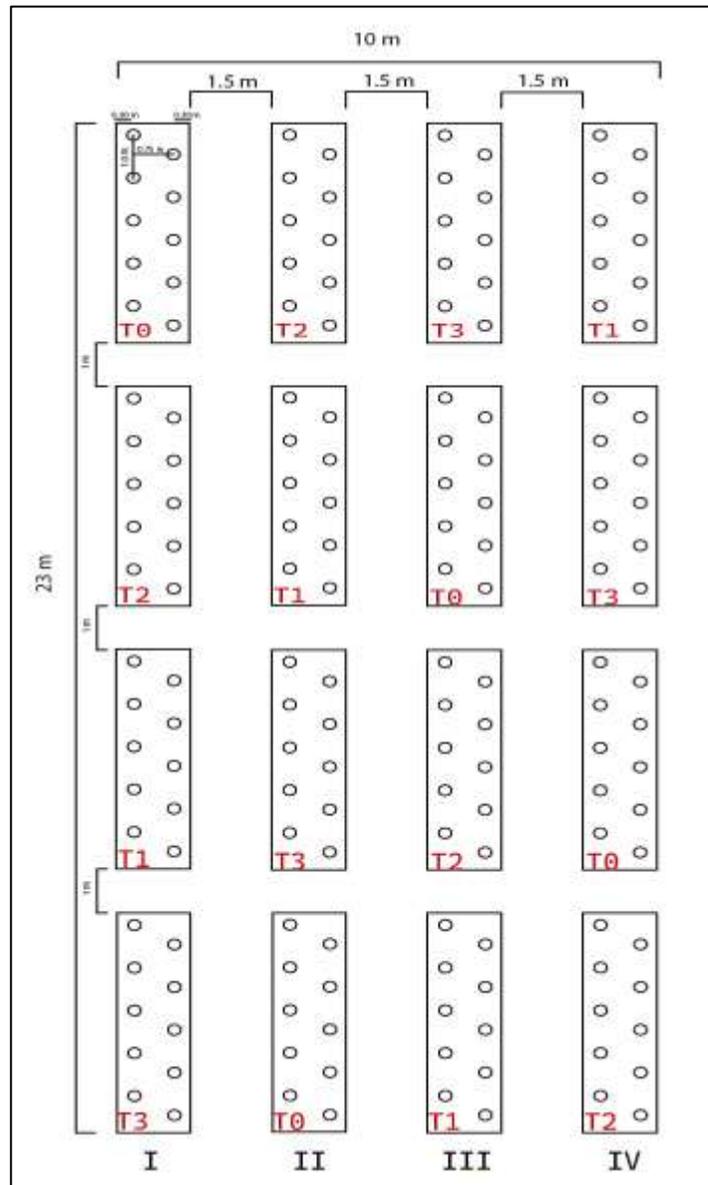
Dónde:

- $\gamma_{ij}$  = Observación obtenida en el i-ésimo tratamiento y la j-ésima medición realizada en cada réplica en la UE de cada bloque.
- $\mu$  = Media general.
- $\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.
- $\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.
- $e_{ij}$  = Error asociado con la desviación en el i-ésimo tratamiento y en el j-ésimo bloque.

### 3.2.3 Especificidades del modelo

- Tratamientos: 4
- Réplicas: 4
- Unidades experimentales (UE): 16
- Unidades muestrales por UE: 10
- Total, de muestras: 160 plantas

El diseño experimental se llevó a cabo en un área bruta de 230 m<sup>2</sup>, con dimensiones de 10 metros de ancho por 23 metros de largo. La superficie neta utilizada para las unidades experimentales (UE) fue de 6,75 m<sup>2</sup>. Se estableció una separación de 1,50 metros entre bloques adyacentes y una distancia de un metro entre cada unidad experimental dentro del bloque, ver Figura 2.



**Figura 2.** Croquis del experimento

### 3.3 Variables a medir

Las variables dependientes objeto de evaluación comprenden aspectos relacionados con las medidas biométricas y de concentración tal como se indica en la tabla 5.

**Tabla 5.** Descripción de las variables, unidades, número de muestras, instrumentos, marca y modelo de equipos empleados en las mediciones.

<b>Variables evaluadas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Instrumento de medición</b>	<b>Marca y modelo</b>
Largo del fruto	cm	Cinta métrica	-
Circunferencia del fruto	cm	Cinta métrica	-
Diámetro del fruto	cm	Cinta métrica	-
Peso del fruto	Kg	Balanza	CAMRY - KCA
Sólidos Solubles	°Brix	Refractómetro	RHB-32 ATC
Peso de fresco de la raíz	g planta <sup>-1</sup>	Balanza	CAMRY – ACS-30KG/LB-JC21
Peso de seco de la raíz	g planta <sup>-1</sup>	Balanza	CAMRY - KCA
Materia aérea Seca	g planta <sup>-1</sup>	Balanza	CAMRY – ACS-30KG/LB-JC21
Materia aérea Seca	g planta <sup>-1</sup>	Balanza	CAMRY - KCA

### 3.4 Manejo del experimento

#### 3.4.1 Preparación del área experimental

Primero se determinó el área donde se estableció el cultivo, pero antes de realizar la siembra, se preparó el suelo mediante labranza (eliminación de arvenses, descompactación del suelo, aireación), adecuándola así para la siembra.



**Figura 3.** Delimitación de las UE en el área experimental

### 3.4.2 Métodos de siembra

**Semillero:** Se realizó la pre germinación previo a elaborar el semillero, para constatar el porcentaje de germinación dado por la casa comercial el cual es del 98%, además de esta forma se pudo asegurar que en cada sitio de siembra exista al menos una planta. Se utilizó como sustrato una mezcla de compost, humus, limo y hojarasca triturada en proporciones de 1:1 que luego se colocó en fundas de siembra de 10 x 15 cm.



**Figura 4.** Plántulas de sandía a los 15 días después de la siembra (DDS).

**Trasplante y densidad de población:** Se realizó a los 20 días desde la siembra en el semillero, tomando en cuenta la altura de las plántulas entre 5 - 10 cm y teniendo entre dos y cuatro pares de hojas. Previamente se colocó el mulch plástico de color negro sobre cada UE, con la intención de mitigar la presencia de arvenses y retención de la humedad del suelo, con las respectivas perforaciones para el trasplante (Figura 5), el método usado fue tres bolillos con una distancia de 1 metro entre plantas permitió incrementar la población en el área experimental a 160 plantas en 230 m<sup>2</sup>, el equivalente a 6 957 plantas ha<sup>-1</sup> manejando calles con una distancia entre hileras de 1,5 metros.



**Figura 5.** Ubicación de las unidades experimentales.

**Colocación del tendido para entutorado:** Se empleó caña guadua como postes y alambre de 4,3 mm de grosor como líneas de agarre. Las cañas se colocaron a lo largo de las filas de plantas y el alambre se fijó anclado al suelo para brindar mejor soporte vertical a las plantas a medida que crecen. Este método asegura un crecimiento vertical adecuado de las plantas de sandía, facilitando la exposición al sol y el aire, lo que resulta en una mejor calidad de los frutos y una cosecha más eficiente, además que la técnica de entutorado permite aprovechar mejor el espacio pudiendo incrementar la población.



**Figura 6.** Colocación de tutores.

### 3.4.5 Conducción del experimento

#### Control local

- **Control de arvenses:** Mediante la labor de deshierbe (manejo agronómico) el cual se realizó entre las calles de cada bloque, haciendo uso de palas y machetes para facilitar el tránsito entre unidades experimentales.



**Figura 7.** Labor de deshierbe.

- **Riego:** Mediante aspersión, manteniendo un riego uniforme en todo el cultivo, se consideró las condiciones meteorológicas (lluvia) para evitar exceso de humedad.



**Figura 8.** Aplicación de riego.

- **Poda y aclareo de frutos:** Se llevó a cabo la poda eliminando las hojas inferiores, los chupones, partes de la planta dañadas y guías laterales con el objetivo de balancear y reducir la transpiración excesiva de las plantas. Esto resultó en un aumento del tamaño de las plantas y una mejora en la uniformidad de su desarrollo. Además, se realizó un aclareo de frutos, eliminando el primer fruto que se forma en la bifurcación de la planta, con la finalidad de obtener frutos más uniformes y de mayor tamaño, lo que contribuyó a mejorar el rendimiento en la cosecha.
- **Dosificación y Aplicación de tratamientos:** se consideró realizar tres aplicaciones en distintas etapas fenológicas: crecimiento, floración y fructificación. Dado que la dosificación de los productos comerciales implica el uso de un frasco por hectárea de cultivo, se realizó un cálculo considerando el área de cada unidad experimental (UE= 6,75 m<sup>2</sup>) y un volumen de 50 ml de solución por cada metro cuadrado. Esto arrojó el siguiente resultado:

$$50 \text{ ml} \times 6,75 \text{ m}^2 = 337,5 \text{ ml de solución aplicado a cada UE}$$

La presentación de *Beauveria* es de 1 000 mg por frasco y la de *Trichodermas* es de 4 000 mg, utilizados por hectárea. Se emplean 500 L ha<sup>-1</sup> en cada aplicación. Por lo tanto, se realiza el cálculo para determinar la cantidad exacta de producto por planta y por tratamiento.

**Dosis de *Trichoderma*:**

$$\frac{4\,000 \text{ mg} \times 337,5 \text{ ml}}{500\,000 \text{ ml}} = 2,70 \text{ mg por cada UE} \rightarrow 0,27 \text{ mg planta}^{-1}$$

**Dosis de *Beauveria*:**

$$\frac{1\,000 \text{ mg} \times 337,5 \text{ ml}}{500\,000 \text{ ml}} = 0,675 \text{ mg por cada UE} \rightarrow 0,068 \text{ mg planta}^{-1}$$

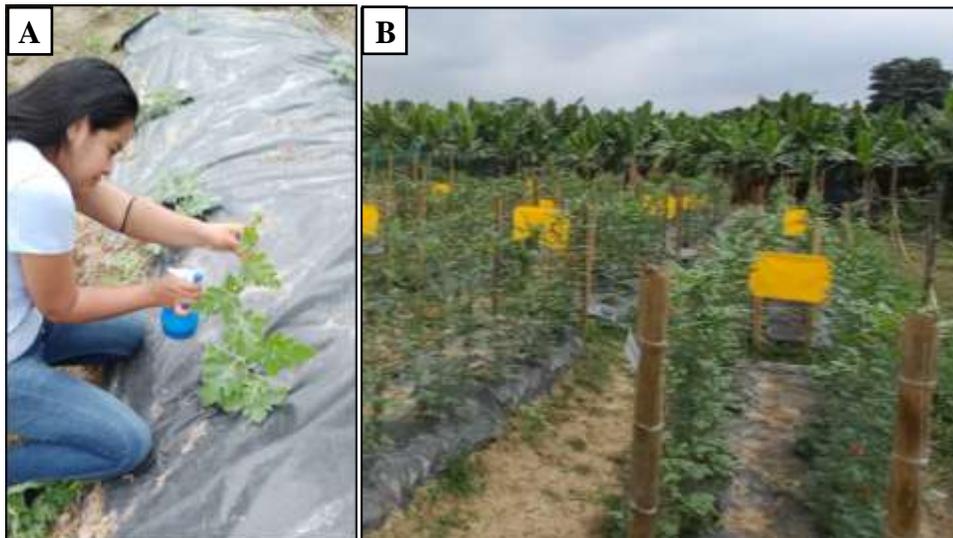
**Dosis de *Trichoderma* + *Beauveria*:**

$$\frac{5\,000 \text{ mg} \times 337,5 \text{ ml}}{500\,000 \text{ ml}} = 3,375 \text{ mg por cada UE} \rightarrow 0,338 \text{ mg planta}^{-1}$$



**Figura 9.** Uso de balanza analítica en la dosificación de los tratamientos (T1: 0,27 mg planta<sup>-1</sup>; T2: 0,068 mg planta<sup>-1</sup>; T3: 0,338 mg planta<sup>-1</sup>).

- **Control de plagas:** Se implementaron estrategias de control de plagas y enfermedades que incluyeron el uso de un bio insecticida orgánico y trampas cromáticas (Figura 10). El bio insecticida fue aplicado cada dos días utilizando un atomizador para prevenir y mitigar la presencia de plagas y enfermedades en el cultivo (Figura 11).

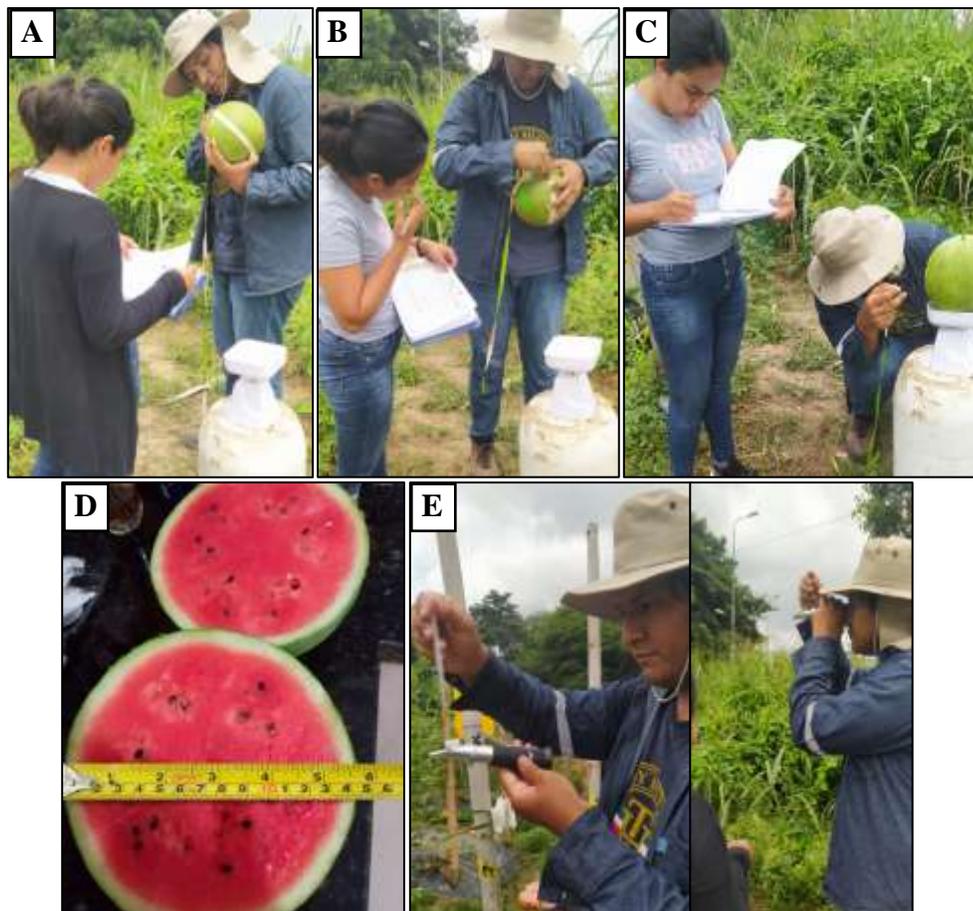


**Figura 10.** A) Aplicación de bio insecticida orgánico; B) Colocación de trampas cromáticas para el control de pulgones.

### 3.4.6 Recolección de datos

La recolección de datos de las variables biométricas y de la concentración de sólidos solubles se llevó a cabo durante los días de cosecha cuando los frutos alcanzaron su madurez comercial. Se empleó una metodología directa en el campo para garantizar la precisión de las mediciones. Utilizando una cinta métrica, se determinó la longitud del fruto desde el pedúnculo hasta el ápice, y se midió la circunferencia del fruto en su punto más ancho. El diámetro se evaluó considerando la máxima longitud rectilínea.

Para medir la concentración de sólidos solubles, se empleó un refractómetro con compensación automática de temperatura (ATC, por sus siglas en inglés) ajustada a 20°C en una escala de 0 a 32 °Brix. La calibración del instrumento se llevó a cabo utilizando agua destilada, y la muestra de la pulpa se extrajo específicamente de la parte central de los frutos.



**Figura 11.** Toma de datos de las variables; A) Largo del fruto, B) Circunferencia del fruto, C) Peso del fruto; D) Diámetro del fruto, E) Sólidos solubles.

**Recolección de biomasa y secado de muestras:** Durante el proceso de recolección de biomasa de las raíces, se llevó a cabo una excavación cuidadosa alrededor de la base de la planta para evitar el daño a las raíces principales. Se empleó una pala para excavar de forma delicada y así obtener muestras representativas de las raíces.

En el muestreo de los tallos y hojas de sandía, se procedió a separar con cuidado las hojas unidas a los tallos utilizando tijeras de podar limpias y afiladas. Se aseguró la precisión de los cortes cerca del punto de unión con el tallo. Cada muestra de tallo fue registrada con información relevante, incluyendo la ubicación de la planta y la fecha del muestreo, y fue etiquetada para su identificación.

Para el proceso de secado de las muestras se llevó el material vegetal a la estufa a una temperatura de 70°C durante 24 horas. Finalmente, todas las muestras fueron pesadas y almacenadas en bolsas con etiquetas.



**Figura 12.** Preparación de las muestras; A) Materia aérea fresca, B) Materia aérea seca

### **3.5 Procedimiento estadístico**

El análisis estadístico de los datos fue llevado a cabo utilizando el software estadístico SPSS versión 22 para el sistema operativo Windows (Quezada N, 2014). Se estableció un nivel de confianza del 95%, lo que implica un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Este nivel de confianza asegura que los resultados obtenidos tengan una alta fiabilidad y puedan ser generalizados a la población de interés con un margen de error aceptable (Sánchez M, 2021).

#### **3.5.1 Descripción estadística de las variables y los tratamientos objeto de estudio**

Para la descripción estadística de las variables y tratamientos objeto de estudio se realizó el cálculo de las medidas de resumen de datos. La representación gráfica de los datos obtenidos en cada variable se ejecutó mediante el empleo de gráficos de caja y sesgos y barras simples (Rendón et al. 2016). En el proceso estadístico se verificó primero el cumplimiento del supuesto de normalidad, mismo que indica si el procedimiento debe de realizarse con pruebas paramétricas o no paramétricas en caso de no cumplir la normalidad de datos.

#### **3.5.2 Verificación de los supuestos de modelo estadístico utilizado**

##### **Prueba Shapiro wilk**

Este procedimiento se utiliza para evaluar la normalidad cuando la cantidad de observaciones en la muestra es inferior a 50, y cuando la muestra supera los 50 datos, se utiliza la prueba de Kolmogórov-Smirnov. La metodología implica la ordenación de la muestra de menor a mayor valor, generando así un nuevo vector muestral. En situaciones donde el tamaño de la muestra no supera las 50 observaciones, se puede evaluar la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, calculando simultáneamente la media y la varianza muestral. La hipótesis nula de normalidad se rechaza si el estadístico de Shapiro-Wilk es inferior al valor crítico proporcionado en la tabla elaborada por los autores para el tamaño específico de la muestra y el nivel de significancia establecido (Flores & Flores, 2021).

##### **Prueba Kolmogorov-Smirnov**

En el contexto de investigaciones estadísticas, la prueba de Kolmogórov-Smirnov desempeña un papel fundamental al evaluar la idoneidad del ajuste y determinar la normalidad de los datos en la muestra analizada. Su aplicabilidad se destaca especialmente en escenarios

vinculados a procesos físicos caracterizados por la no linealidad e interactividad, los cuales tienden a generar distribuciones no gaussianas. Al explorar la distribución de variables específicas, se alcanza una comprensión más profunda del mecanismo subyacente en estos procesos. Cabe destacar que la realización de esta prueba se presenta como un requisito esencial antes de llevar a cabo pruebas de normalidad, dado que algunas pruebas estadísticas requieren o son más eficaces bajo la suposición de normalidad, siendo crucial determinar si dicho supuesto se cumple (Flores & Flores, 2021).

Las hipótesis planteadas para el análisis de supuestos de normalidad de datos en cada variable fueron:

- **Normalidad de datos**

**H<sub>0</sub>:** Los datos de la variable de estudio en los diferentes tratamientos siguen una distribución similar a la distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos de la variable de estudio en los diferentes tratamientos no sigue una distribución similar a la distribución normal.

### **Prueba de Levene**

Se aplicó la prueba de Levene (supuesto de homogeneidad) con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0,05$ ) para determinar si los valores promedio calculados son representativos de la totalidad de la serie temporal. Esta prueba evalúa la hipótesis nula de igualdad de varianzas poblacionales. Si el valor F resultante de la prueba de Levene es menor que el nivel de significancia (0,05), se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas, indicando que hay diferencias en las variaciones dentro de la población. En caso contrario, se acepta la hipótesis nula, lo que permite afirmar que las varianzas de las distintas muestras son iguales (García et al., 2022).

Las hipótesis planteadas para el análisis de homogeneidad de datos en cada variable fueron:

- **Homogeneidad de varianzas**

**H<sub>0</sub>:** No existe diferencias significativas entre las varianzas de la variable de estudio largo del fruto en los diferentes tratamientos.

**H<sub>1</sub>:** Existe diferencias significativas entre las varianzas de la variable de estudio en al menos uno de los tratamientos.

### **3.5.3 Contraste de prueba de hipótesis para determinar si existen o no diferencias estadísticas entre tratamientos del factor de estudio**

#### **Pruebas estadísticas paramétricas**

En el ámbito de las pruebas estadísticas paramétricas, existe una amplia gama de métodos para comparar grupos, entre los cuales se destacan algunos de los más comúnmente empleados. Si el objetivo del investigador es contrastar dos grupos con variables cuantitativas continuas que siguen una distribución normal, es decir, la comparación de promedios entre dos grupos, la elección adecuada sería una prueba t (disponible en diversas variantes, siendo la t de Student la más reconocida) (Flores et al., 2017). Esta prueba encuentra aplicación en dos contextos distintos; Muestras relacionadas, que involucran un solo grupo antes y después, y muestras independientes, que se centran en la comparación entre dos grupos distintos.

- **Análisis de varianza (ANOVA)**

Bajo su denominación, esta técnica compara las variabilidades, incluso cuando lo que evaluamos son las medias. Para llevar a cabo este proceso, se establecen tres condiciones iniciales: independencia de las k muestras, normalidad y homocedasticidad. El ANOVA se fundamenta en la comparación de la variabilidad promedio existente entre los grupos respecto a la que se observa dentro de los grupos (Montes F, 2004).

#### **Pruebas estadísticas no paramétricas**

Las pruebas no paramétricas ofrecen flexibilidad al trabajar con muestras reducidas de datos categóricos u ordinales, sin importar la distribución de las muestras a contrastar. Según Moses en 1952, estas pruebas son preferibles ya que son más fáciles de aplicar, son aptas para

datos jerarquizados, útiles cuando las observaciones provienen de diferentes poblaciones, la única alternativa en muestras pequeñas y se destacan por su aplicabilidad a un nivel de significancia predefinido. Caracterizadas por la independencia de observaciones aleatorias, pocas suposiciones sobre la distribución poblacional, medición de la variable dependiente en escala categórica, énfasis en el ordenamiento por rangos o frecuencias, formulación de hipótesis sobre rangos, mediana o frecuencias, y una demanda de tamaño de muestra menor 20 o menos (Gómez et al., 2003).

- **Prueba Kruskal-Wallis**

Para Gómez et al., (2003) la prueba de Kruskal-Wallis es una extensión de la prueba de U de Mann-Whitney, se considera el equivalente no paramétrico del análisis de varianza de una vía. Esta prueba permite determinar si existen diferencias significativas en las distribuciones de la variable bajo estudio en diversas poblaciones. Se presenta como una alternativa robusta al ANOVA de un factor completamente aleatorizado.

Las hipótesis planteadas para el análisis de diferencias estadísticas entre los tratamientos de cada variable en función del tipo de prueba empleada son:

- **Prueba ANOVA**

**H<sub>0</sub>:** Las medias del largo del fruto (cm) en los diferentes tratamientos son iguales.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una media del largo del fruto (cm) en los distintos tratamientos es diferente.

- **Prueba Kruskal-Wallis**

**H<sub>0</sub>:** La distribución de los datos es la misma entre las categorías de aplicación de microorganismos.

**H<sub>1</sub>:** La distribución de los datos es diferente entre las categorías de aplicación de microorganismos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Descripción estadística de las variables y los tratamientos

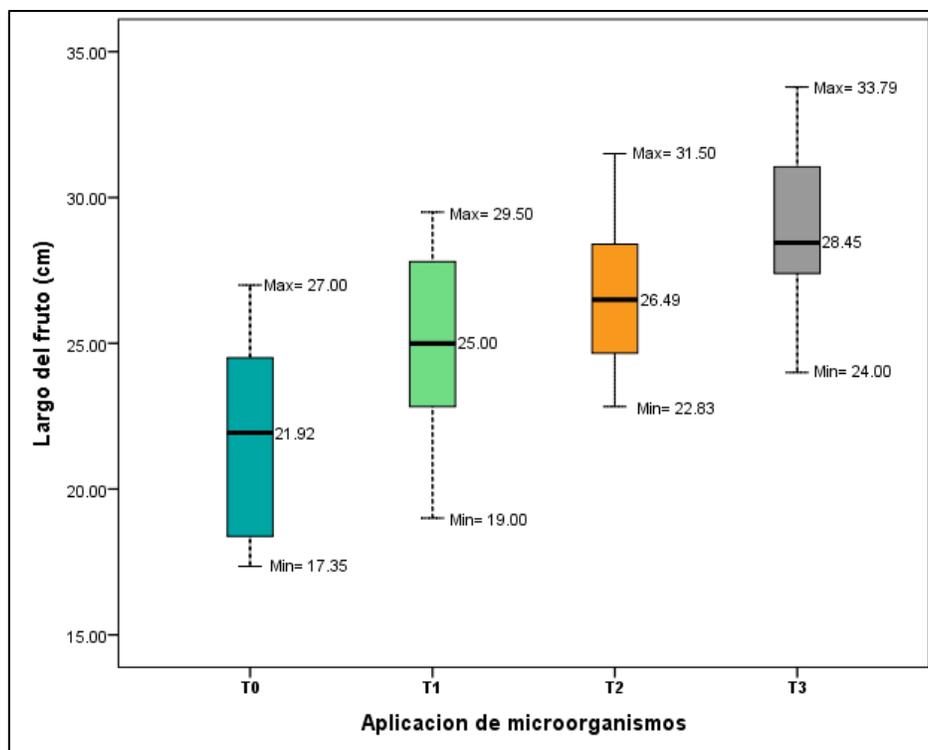
- **Largo del fruto**

**Tabla 6.** Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable largo del fruto.

Tratamiento	Largo del fruto (cm)				
	Media	Desviación estándar	CV %	Mín	Máx
T0	21,57	± 3,074	14,25	17,35	27,00
T1	24,86	± 3,159	12,71	19,00	29,50
T2	26,60	± 2,480	9,32	22,83	31,50
T3	28,85	± 2,265	7,85	24,00	33,79
<b>Total</b>	25,47	3,825	15,02	17,35	33,79

Los estadísticos descriptivos de la Tabla 6 detallan la variabilidad de los resultados dentro del límite de lo aceptable ( $CV \leq 20\%$ ), además los valores de la media del largo del fruto de los tratamientos superan al valor del control (21,57 cm). Este comportamiento de los resultados se relaciona con investigaciones que también han trabajado con microorganismos, según Brown (2018), la introducción de microorganismos beneficiosos en la agricultura puede fortalecer el sistema inmunológico de las plantas, aumentando su resistencia a enfermedades y plagas, lo que a su vez puede influir en la absorción de agua y nutrientes, que por consiguiente favorece el crecimiento de los frutos.

Además, en la Tabla 6 se muestra la variación en las desviaciones estándar de los tratamientos, siendo la más alta el tratamiento T1 con 3,159 cm y la más baja en el tratamiento T3 con 2,265 cm. A pesar de este comportamiento en las desviaciones estándar, el coeficiente de variación se mantiene dentro del límite, lo que sugiere una relativa estabilidad en la dispersión de los datos en relación con sus respectivos promedios. Esto se puede contrastar visualmente en la Figura 13, donde la amplitud de las cajas (rango intercuantil, [RIC]), diferencia entre el cuartil 3 (Q3) y el cuartil uno (Q1), indican una mayor variabilidad de los datos, es necesario resaltar que con este diagrama de caja y bigotes se puede detectar hasta los valores atípicos (outliers).



**Figura 13.** Diagrama de caja y sesgo para la variable largo del fruto en los diferentes tratamientos, T0(control), T1 (*Trichodermas*), T2 (*Beauveria*), T3 (*Trichodermas* + *Beauveria*).

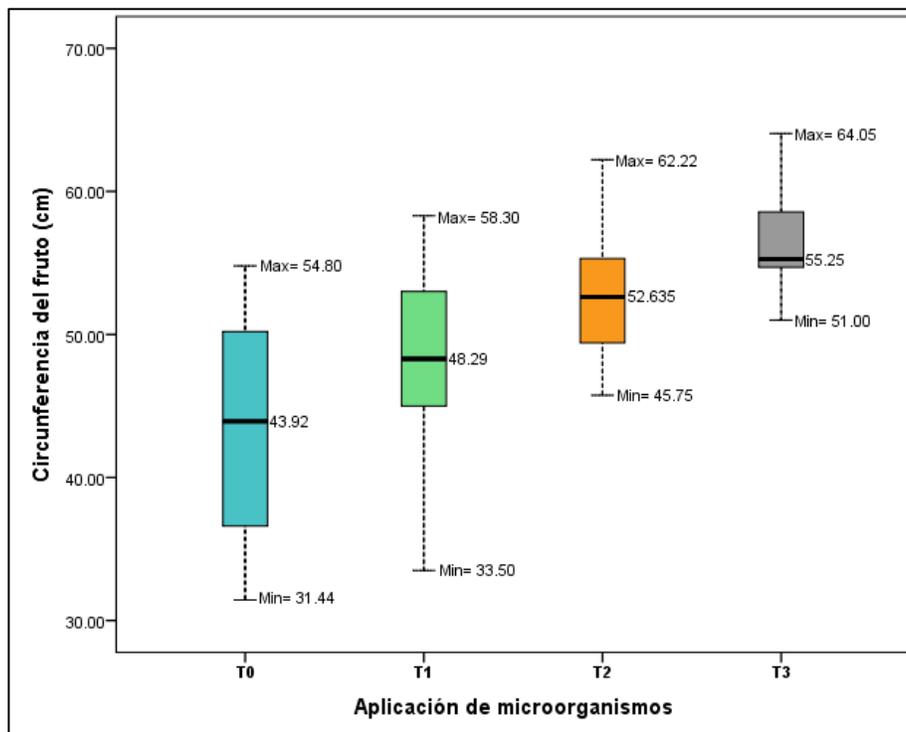
### Circunferencia del fruto

**Tabla 7.** Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable circunferencia del fruto.

Circunferencia del fruto (cm)					
Tratamiento	Media	Desviación estándar	CV %	Mín.	Máx.
T0	43,56	± 7,306	16,77	31,44	54,80
T1	47,99	± 6,424	13,39	33,50	58,30
T2	52,67	± 4,429	8,41	45,75	62,22
T3	56,62	± 3,478	6,14	51,00	64,05
<b>Total</b>	<b>50,21</b>	<b>7,421</b>	<b>14,78</b>	<b>31,44</b>	<b>64,05</b>

En esta variable, circunferencia del fruto, los tratamientos presentan valores superiores con respecto al control (43,56 cm), la variabilidad de los datos entre los tratamientos también se encuentra con valores aceptables ( $CV \leq 20\%$ ). Asimismo, la Figura 14 denota la variabilidad

detallada en la Tabla 7, a través del RIC, y se observa que el T3 además de presentar los valores más altos también presenta la menor variabilidad entre los tratamientos.



**Figura 14.** Diagrama de caja y sesgo para la variable circunferencia del fruto.

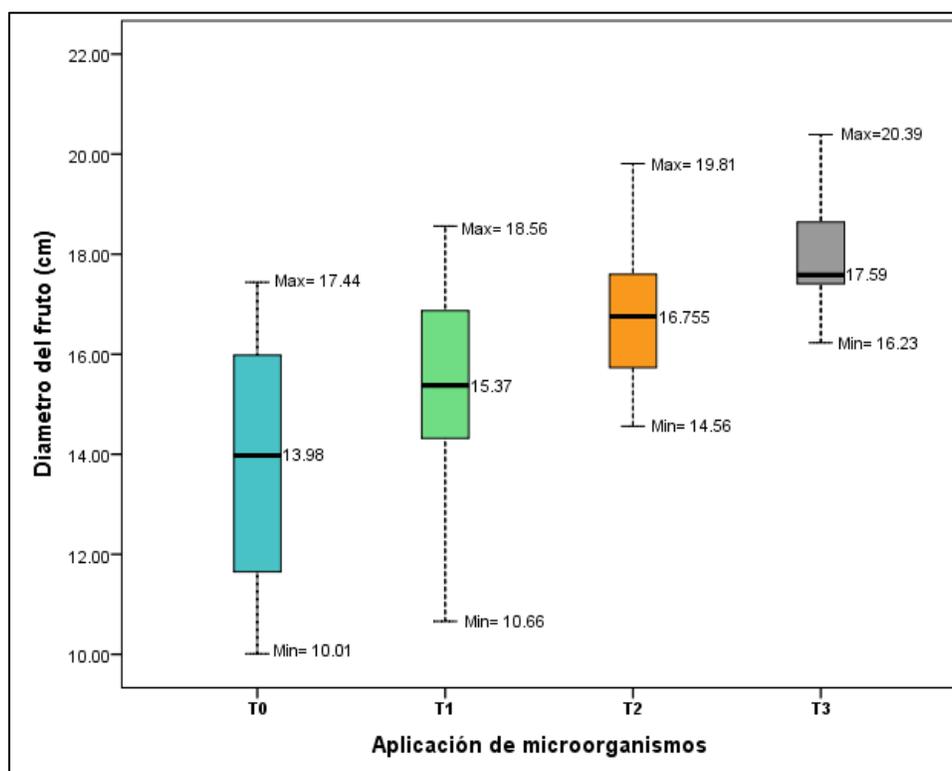
### Diámetro del fruto

**Tabla 8.** Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable diámetro del fruto

Diámetro del fruto (cm)					
Tratamiento	Media	Desviación estándar	CV %	Mín.	Máx.
T0	13,87	± 2,325	16,76	10.01	17.44
T1	15,27	± 2,046	13,40	10.66	18.56
T2	16,77	± 1,410	8,40	14.56	19.81
T3	17,99	± 1,146	6,37	16.23	20.39
<b>Total</b>	15,97	2,360	14,78	10.01	20.39

En relación con la circunferencia del fruto, se observa que los tratamientos presentan valores más altos en comparación con el control, que registró una circunferencia de 13.87 cm y siendo el tratamiento T3 (*Trichodermas* + *Beauveria*) el que presenta un promedio superior con 17,99 cm.

Es relevante destacar que la variabilidad de los datos entre los tratamientos se mantiene dentro de límites aceptables, con un coeficiente de variación (CV) igual o menor que 20%. Además, al analizar la información presentada en la Tabla 8 y examinar el Rango Intercuantil (RIC) representado en la Figura 15, se resalta que el tratamiento T3 sobresale al mostrar los valores más altos y, al mismo tiempo, presenta la menor variabilidad en comparación con los demás tratamientos.



**Figura 15.** Diagrama de caja y sesgo para la variable diámetro del fruto.

- **Peso del fruto**

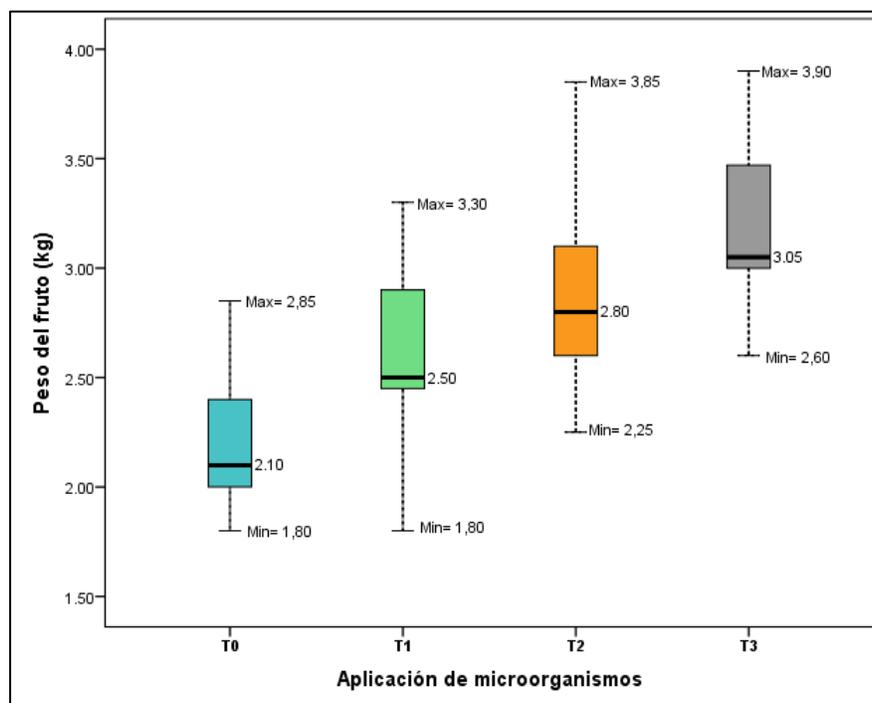
**Tabla 9.** Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable peso del fruto.

Tratamiento	Peso del fruto (kg)				
	Media	Desviación estándar	CV %	Mín.	Máx.
T0	2,170	± 0,254	11,71	1,80	2,85
T1	2,593	± 0,395	15,23	1,80	3,30
T2	2,887	± 0,395	13,68	2,25	3,85
T3	3,168	± 0,334	10,54	2,60	3,90
<b>Total</b>	<b>2.705</b>	<b>0,508</b>	<b>18,78</b>	<b>1,80</b>	<b>3,90</b>

En relación con el peso del fruto, se observa que los tratamientos presentan un incremento en la media con valores más altos que el tratamiento control, el cual registró un peso de 2,170 kg. Por otra parte, el tratamiento T3 (*Trichodermas* + *Beauveria*) presentó un promedio superior con 3,168 kg.

Es importante señalar que la diversidad de datos entre los tratamientos permanece dentro de límites aceptables, con un coeficiente de variación (CV) igual o menor al 20%. Además, al revisar los datos presentados en la Tabla 9 y observar el Rango Intercuartil (RIC) mostrado en la Figura 16, se destaca que el tratamiento T3 se distingue al exhibir los valores más elevados y al mismo tiempo muestra la menor variabilidad en comparación con los otros tratamientos.

Entre los tratamientos también destaca el T2 (*Beauveria*) el cual coincide con estudios como el realizado por Coello (2020), donde evaluó el uso de *Beauveria bassiana* en diferentes dosis para controlar la mosca blanca en el cultivo de melón, y señaló que la aplicación de este agente resultó favorable en el aumento del peso del fruto teniendo en promedio de 2 kg. Se observó que este peso fue más satisfactorio cuando el desarrollo fisiológico del fruto alcanzó un periodo más prolongado.



**Figura 16.** Diagrama de caja y sesgo para la variable peso del fruto.

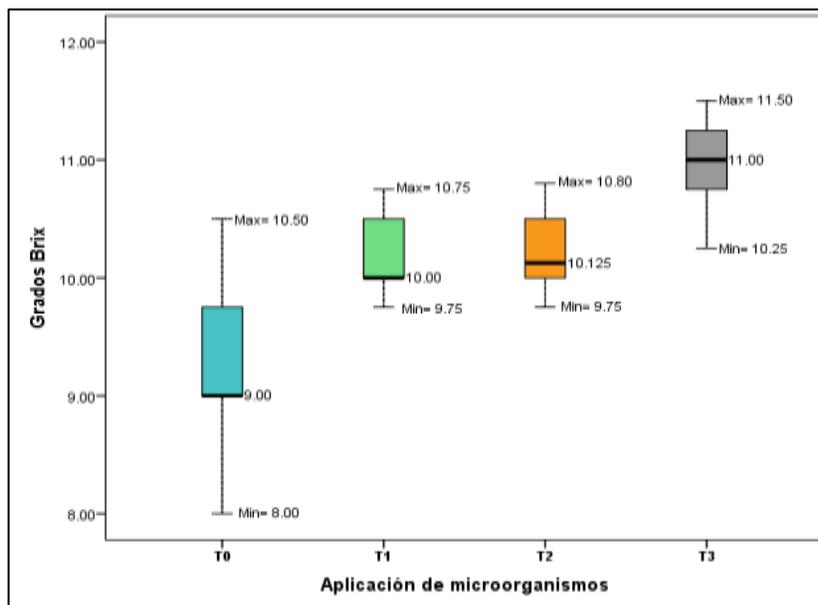
- **Sólidos solubles**

**Tabla 10.** Estadísticos descriptivos de los tratamientos para la variable sólidos solubles.

Sólidos solubles (°Brix)					
Tratamiento	Media	Desviación estándar	CV %	Mín.	Máx.
T0	9,255	± 0,563	6,08	8,00	10,50
T1	10,190	± 0,332	3,25	9,75	10,75
T2	10,247	± 0,361	3,52	9,75	10,80
T3	10,950	± 0,380	3,47	10,25	11,50
<b>Total</b>	<b>10,160</b>	<b>0,733</b>	<b>7,21</b>	<b>8,00</b>	<b>11,50</b>

Los estadísticos descriptivos de la Tabla 10 detallan el incremento en la media de sólidos solubles registrados en los tratamientos donde se aplicó los microorganismos, en contraste con el tratamiento control el cual registró un valor de 9,255 °Brix. Por otra parte, el tratamiento T3 (*Trichodermas + Beauveria*) presentó un promedio superior con 10,95 °Brix.

Es relevante destacar que la variabilidad de los datos entre los diferentes tratamientos se mantiene dentro de límites aceptables, con un coeficiente de variación (CV) igual o menor al 20%. Además, al analizar los datos presentados en la Tabla 10 y examinar el Rango Intercuartil (RIC) representado en la Figura 17, se resalta que el tratamiento T3 se distingue al mostrar los valores más elevados y, al mismo tiempo, exhibe la menor variabilidad en comparación con los demás tratamientos.



**Figura 17.** Diagrama de caja y sesgo para la variable sólidos solubles.

- **Peso fresco y seco de la raíz**

**Tabla 11.** Estadísticos descriptivos de los tratamientos para las variables peso fresco y peso seco de la raíz (g planta<sup>-1</sup>).

Trat.	Peso fresco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )					Peso seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )				
	Media	sd	CV%	Mín.	Máx.	Media	sd	C%	Mín.	Máx.
T0	9,60	± 0,49	5,10	9,00	10,00	2,48	± 0,96	3,87	2,40	2,60
T1	14,15	± 0,24	1,70	13,90	14,40	7,30	± 0,41	5,62	7,00	7,90
T2	12,20	± 0,88	7,21	11,40	13,30	7,40	± 0,45	6,10	7,00	8,00
T3	11,53	± 0,48	4,16	11,10	12,20	8,60	± 0,48	5,60	8,30	9,30
<b>Total</b>	11,87	0,75	6,32	9,00	14,40	6,44	0,73	11,34	2,40	9,30

Los datos obtenidos revelan una tendencia de aumento progresivo en el promedio del peso fresco y del peso seco de la raíz lo largo de los diferentes tratamientos. En ambos casos se observa que el primer tratamiento (T0) registró el promedio más bajo seguido del tratamiento T3 que a pesar de tener una media de 11,53 g planta<sup>-1</sup> de peso fresco, registra el valor más alto de peso seco con 8,60. por otro lado los tratamientos T1 y T2 registran promedios similares en peso seco, siendo el T1 el promedio más alto.

Se observa una variabilidad en las desviaciones estándar entre los tratamientos, siendo la más baja en el tratamiento (T1) con 0,24 en peso fresco y 0,41 en peso seco. los valores más altos se observan en el tratamiento (T2) con 0,88 en peso fresco y en el tratamiento (T0) con 0,96 en peso seco. A pesar de estas variaciones en las desviaciones estándar, el coeficiente de variación se mantiene dentro de un rango estrecho menor al 20%, lo que sugiere una relativa estabilidad en la dispersión de los datos en relación con sus respectivos promedios.

Estos resultados se asemejan a lo que señala Alarcon et al., (2020) en su investigación donde indica que el peso seco de la raíz de tomate aumenta cuando se incrementa la concentración de la solución nutritiva a base de microorganismos eficientes, contrastando con otras investigaciones como la de Zobel, (1995) donde indica que las raíces generalmente responden al exceso de minerales mediante el engrosamiento y desarrollo más lento.

- **Materia aérea fresca y seca**

**Tabla 12.** Estadísticos descriptivos de los tratamientos para las variables materia aérea fresca y materia aérea seca (g planta<sup>-1</sup>).

Trat.	Materia aérea fresca (g planta <sup>-1</sup> )					Materia aérea seca (g planta <sup>-1</sup> )				
	Media	sd	CV%	Mín.	Máy.	Media	sd	CV%	Mín.	Máy.
T0	400,15	± 29,76	7,43	375.00	440.00	47.18	± 2,08	4,71	45.00	50.00
T1	500,73	± 25,70	5,13	479.40	532.90	70.65	± 7,22	10,22	62.00	78.60
T2	565,25	± 17,11	3,03	540.00	578.00	76.33	± 2,24	2,93	73.90	78.60
T3	447,80	± 5,28	1,18	440.00	451.70	63.18	± 1,90	3,01	60.40	64.70
<b>Total</b>	478,48	66,33	13,86	375.00	578.00	64.33	11,87	18,45	45.00	78.60

Los datos obtenidos muestran un patrón de aumento gradual en el promedio del peso de la materia aérea fresca y seca a través de los distintos tratamientos. Se observa que el tratamiento control (T0) exhibió el promedio más bajo en ambos casos, seguido del tratamiento T3. Por otro lado, los tratamientos T1 y T2 presentan promedios similares en el peso de la materia aérea seca.

Se aprecia una variabilidad en las desviaciones estándar entre los tratamientos, siendo la más baja en el tratamiento T3 con 5,28 en peso de materia aérea fresca y 1,90 en peso de materia aérea seca. Aun así, el coeficiente de variación se mantiene dentro de un rango estrecho menor al 20%.

Estos resultados se relacionan con la investigación de Alarcon et al. (2020), en la cual realizó una fertilización con microorganismos eficientes en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) donde destacan las diferencias significativas entre las dosis de aplicación con respecto al área foliar en el cual resalta el tratamiento con dosis de 25 cc con la mayor área foliar por planta (21,33 cm<sup>2</sup>) y concuerda con Villa et al. (2005) en que este tipo de fertilización influye fuertemente en el crecimiento y calidad de plántulas de tomate.

## 4.2 Verificación de los supuestos de modelo estadístico utilizado

### 4.2.1 Normalidad de datos

**Tabla 13.** Pruebas de normalidad de datos para cada variable y tratamientos.

Variables	Trat.	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor	Estadístico	gl	p-valor
Largo del fruto (cm).	T0	0,148	30	0,093			
	T1	0,156	30	0,062			
	T2	0,117	30	0,200*			
	T3	0,100	30	0,200*			
Circunferencia del fruto (cm)	T0	0,163	30	0,040			
	T1	0,147	30	0,097			
	T2	0,097	30	0,200*			
	T3	0,180	30	0,014			
Diámetro del fruto (cm)	T0	0,163	30	0,041			
	T1	0,146	30	0,100			
	T2	0,098	30	0,200*			
	T3	0,163	30	0,041			
Peso del fruto (kg)	T0	0,242	30	0,000			
	T1	0,193	30	0,006			
	T2	0,153	30	0,070			
	T3	0,190	30	0,007			
Sólidos solubles (°Brix)	T0	0,241	30	0,000			
	T1	0,283	30	0,000			
	T2	0,253	30	0,000			
	T3	0,181	30	0,013			
Peso fresco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	T0				0,860	4	0,262
	T1				0,911	4	0,488
	T2				0,921	4	0,543
	T3				0,906	4	0,462
Peso seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	T0				0,863	4	0,272
	T1				0,807	4	0,115
	T2				0,916	4	0,517
	T3				0,763	4	0,051
Peso fresco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	T0				0,901	4	0,438
	T1				0,876	4	0,322
	T2				0,786	4	0,080
	T3				0,788	4	0,082
Peso seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	T0				0,937	4	0,638
	T1				0,985	4	0,931
	T2				0,911	4	0,490
	T3				0,825	4	0,155

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los resultados de las pruebas de normalidad de datos de Kolmogorov-Smirnov, indican que, con una confiabilidad en la estimación del 95%, la mayoría de los tratamientos en cada variable no cumple con el supuesto de normalidad, a excepción de la variable “Largo del fruto” debido a que el p-valor obtenido en cada tratamiento de esta variable supera el 0,05 de significancia, siendo la única que presenta una distribución similar a la distribución normal, por lo cual se puede continuar con el procedimiento paramétrico. Las variables restantes se deben analizar considerando enfoques no paramétricos como la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 14).

Por otra parte, las variables analizadas con la prueba de Shapiro-Wilk indican que los datos en cada tratamiento presentan una distribución similar a la normal, por lo tanto, se considera realizar el procedimiento paramétrico.

**Tabla 14.** Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes

Variable	N total	Estadístico de contraste	gl	Significación asintótica (prueba bilateral)
Circunferencia del fruto (cm)	120	57,930	3	$1,627 \times 10^{-12}$
Diámetro del fruto (cm)	120	56,523	3	$3,25 \times 10^{-12}$
Peso del fruto (kg)	120	67,313	3	$1,61 \times 10^{-14}$
Sólidos solubles (°Brix)	120	80,428	3	0,000

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

El análisis de la Prueba de Kruskal-Wallis revela valores de significación asintótica extremadamente bajos, significativamente menor que el nivel de significancia convencionalmente establecido en 0.05. Esta diferencia sugiere que al menos uno de los grupos difiere significativamente de los demás en cada variable medida. En consecuencia, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de cada variable evaluada.

#### 4.2.2 Homogeneidad de varianzas

**Tabla 15.** Prueba de homogeneidad de varianzas para las variables de estudio.

Variable	Estadístico de Levene	df1	df2	p-valor
Largo del fruto (cm)	2,783	3	116	0,044
Circunferencia del fruto (cm)	9,683	3	116	0,000009
Diámetro del fruto (cm)	9,246	3	116	0,000016
Peso del fruto (cm)	1,357	3	116	0,259
Sólidos solubles (°Brix)	3,304	3	116	0,023
Peso fresco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	3,229	3	12	0,061
Peso seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	1,780	3	12	0,205
Materia aérea fresca (g planta <sup>-1</sup> )	3,114	3	12	0,067
Materia aérea seca (g planta <sup>-1</sup> )	5,405	3	12	0,014

Los resultados obtenidos en cada variable con respecto al p-valor derivado en la prueba de Levene indican que, con una confiabilidad en la estimación del 95%, se establece que las variables largo del fruto (cm), circunferencia del fruto (cm), diámetro del fruto (cm), sólidos solubles (°Brix) y materia aérea seca (g planta<sup>-1</sup>) presentan un p-valor menor a alfa (0,05), por lo cual se puede concluir que las varianzas no son homogéneas en estas variables, por lo tanto, existe diferencias significativas entre las varianzas en al menos uno de los tratamientos.

Por otra parte, las variables peso del fruto (kg), peso fresco de la raíz (g planta<sup>-1</sup>), peso seco de la raíz (g planta<sup>-1</sup>) y materia aérea fresca (g planta<sup>-1</sup>) presenta un p-valor mayor a alfa (0,05) por lo cual, con una confiabilidad en la estimación del 95% se puede concluir que las varianzas son homogéneas, por lo tanto, no existe diferencias significativas entre las varianzas estudiadas.

### 4.3 Determinación de la presencia o no de diferencias estadísticas entre tratamiento

#### 4.3.1 Análisis de varianza (ANOVA)

**Tabla 16.** Análisis de varianza para las variables: Largo del fruto (cm); Peso fresco de la raíz (g planta<sup>-1</sup>); Peso seco de la raíz (g planta<sup>-1</sup>); Materia aérea fresca (g planta<sup>-1</sup>); Materia aérea seca (g planta<sup>-1</sup>).

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Largo del fruto (cm)	Entre grupos	849,974	3	283,325	36,901	8,07 x10 <sup>-17</sup>
	Dentro de grupos	890,632	116	7,678		
	Total	1740,606	119			
Peso fresco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	Entre grupos	42,317	3	14,106	43,654	9,88 x10 <sup>-7</sup>
	Dentro de grupos	3,878	12	0,323		
	Total	46,194	15			
Peso seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	Entre grupos	88,192	3	29,397	193,033	2,04 x10 <sup>-10</sup>
	Dentro de grupos	1,828	12	0,152		
	Total	90,019	15			
Materia aérea fresca (g planta <sup>-1</sup> )	Entre grupos	60402,897	3	20134,299	43,146	0,000001
	Dentro de grupos	5599,827	12	466,652		
	Total	66002,724	15			
Materia aérea seca (g planta <sup>-1</sup> )	Entre grupos	1917,802	3	639,267	39,329	0,000002
	Dentro de grupos	195,052	12	16,254		
	Total	2112,854	15			

Los resultados de p-valor obtenidos en la prueba ANOVA de un factor intergrupos, son menores que el nivel de significación dado previamente (5% = 0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador con una confiabilidad en la estimación del 95% y un error de probabilidad del 0.00%, se concluye que al menos una media de los tratamientos en cada una de las variables es diferente. De modo que, la aplicación de microorganismos influye en ellas.

### 4.3.2 Pruebas post hoc.

- Prueba de Duncan

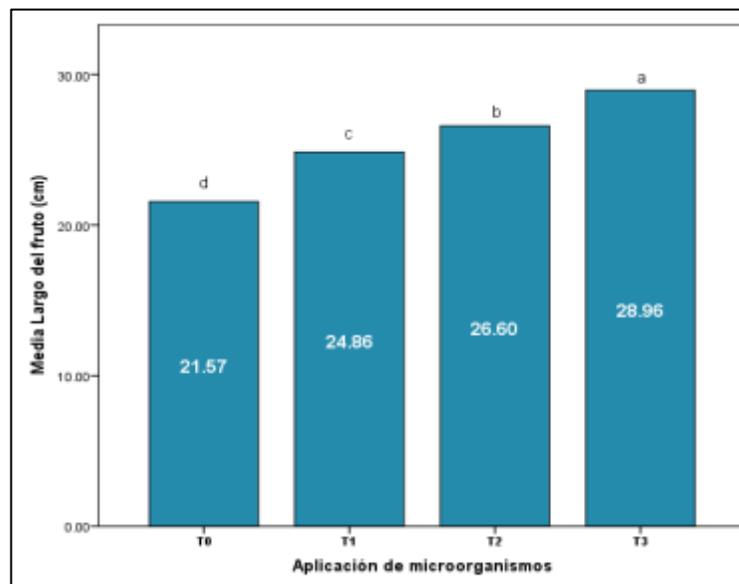
**Tabla 17.** Tabla de Subconjuntos homogéneos de Duncan para la variable largo del fruto (cm)

		Largo del fruto (cm)			
Aplicación de microorganismos	n	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1 d	2 c	3 b	4 a
T0	30	21,5660			
T1	30		24,8620		
T2	30			26,5960	
T3	30				28,8543
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Según la prueba Duncan, la aplicación de microorganismos presenta diferencias estadísticas con respecto a la media de largo de fruto (cm) de sandía, resultando mejor el tratamiento T3 (*Trichoderma* + *Beauveria*).

Según Ownley et al., (2010), existe evidencia de que además de causar mortalidad en los insectos, los entomopatógenos fúngicos como *Beauveria bassiana* y *Trichoderma asperellum* también mejoran la absorción de nutrientes de las plantas, estimulan la producción de hormonas y aumentan la tolerancia al estrés abiótico y biótico, impulsando así el crecimiento de las plantas.



**Figura 18.** Efecto de la aplicación de microorganismos sobre el largo del fruto (cm) de sandía.

**Tabla 18.** Tabla de Subconjuntos homogéneos de Duncan para las variables de peso fresco y seco de la raíz (g planta<sup>-1</sup>)

Duncan <sup>a</sup>	Tratamiento	n	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1 c	2 b	3 a
Peso fresco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	T0	4	9,6000		
	T3	4		11,5250	
	T2	4		12,2000	
	T1	4			14,1500
	Sig.		1,000	0,119	1,000
Peso seco de la raíz (g planta <sup>-1</sup> )	T0	4	2,4750		
	T1	4		7,3000	
	T2	4		7,4000	
	T3	4			8,6000
	Sig.		1,000	0,723	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4.000.

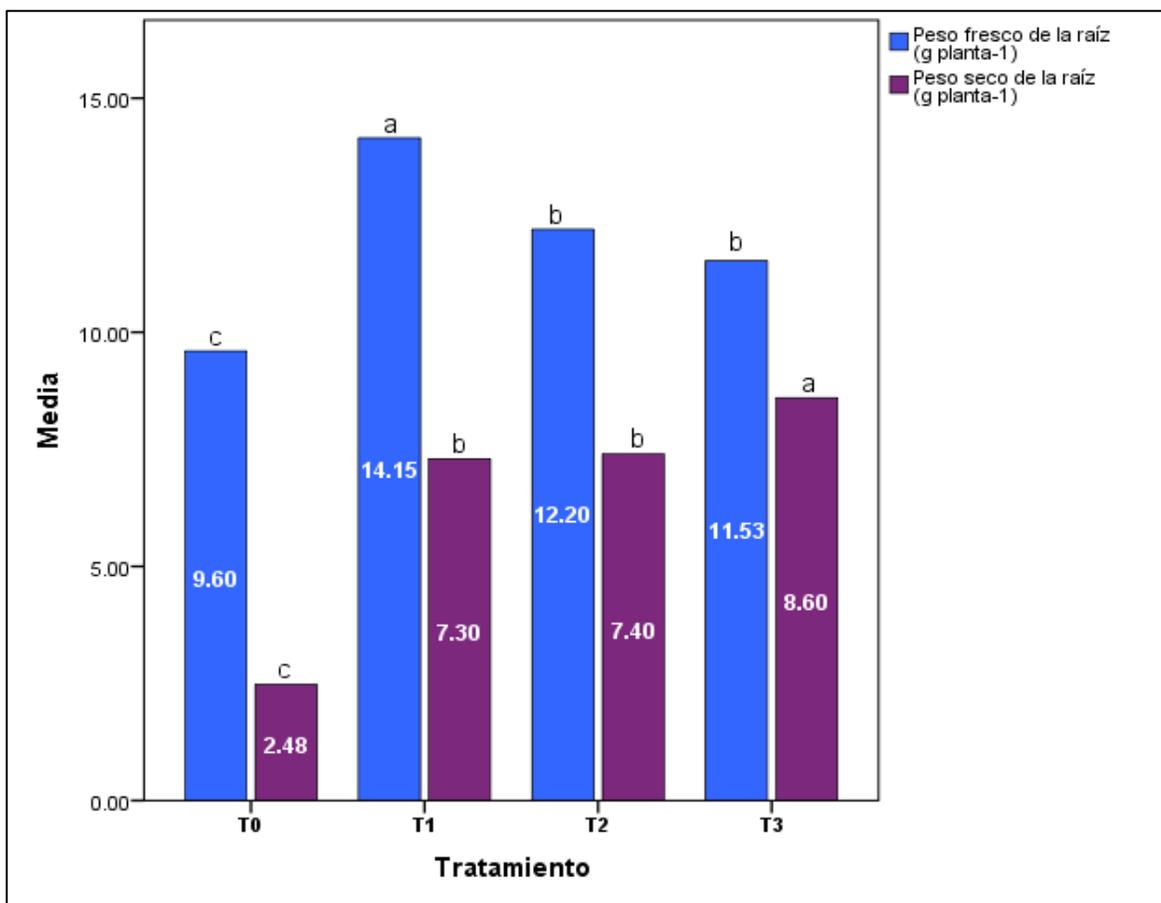
Según la prueba Duncan, la aplicación de microorganismos en distintas versiones presenta diferencias estadísticas con respecto al peso fresco y seco de la raíz de sandía.

El gráfico de barras simples (Figura 19), muestra que los tratamientos T2 y T3 de la variable peso fresco de la raíz medido en g planta<sup>-1</sup> son estadísticamente similares. de igual forma los tratamientos T1 y T2 de la variable peso seco de la raíz medido en g planta<sup>-1</sup> presentan similitudes estadísticas.

Sin embargo, se puede observar que el peso fresco de la raíz presenta un promedio más alto en el tratamiento T1 con aplicación de *Trichoderma*, lo cual sugiere que esta aplicación favorece el desarrollo del sistema radicular, tal como lo indica Salinas & Soriano, (2014) en su estudio “Efecto de *Trichoderma viride* y *Bradyrhizobium yuanmingense* en el crecimiento de *Capsicum Annuum* en condiciones de laboratorio” donde menciona que este hongo puede hallarse tanto en el entorno cercano a las raíces de las plantas, conocido como rizosfera, como dentro de esta área. Cuando reside en la rizosfera, tiene la capacidad de colonizar y brindar protección a las raíces de las plantas. Diversos investigadores han observado un aumento en el peso de las plántulas que crecen en presencia de este hongo.

El estudio llevado a cabo por Martínez et al. (2021), centrado en la evaluación del efecto de diferentes sustratos y fuentes orgánicas en la propagación del banano y plátano, reveló un incremento significativo en la variable de peso de raíces al emplear secciones de cormos en sustratos tratados con *Trichoderma*. Según los resultados obtenidos, se observó un aumento

promedio de aproximadamente 10 gramos en el peso de las raíces; cabe resaltar que este estudio fue realizado en vitro plantas. Este hallazgo sugiere que el uso de *Trichoderma* como sustrato tiene un impacto positivo en el desarrollo radicular de estas plantas, lo que podría tener implicaciones importantes en la práctica agrícola para mejorar la propagación y el rendimiento de los cultivos.



**Figura 19.** Efecto de la aplicación de microorganismos sobre el peso fresco y seco de la raíz.

**Tabla 19.** Tabla de Subconjuntos homogéneos de Duncan para las variables de Materia aérea fresca y seca (g planta<sup>-1</sup>)

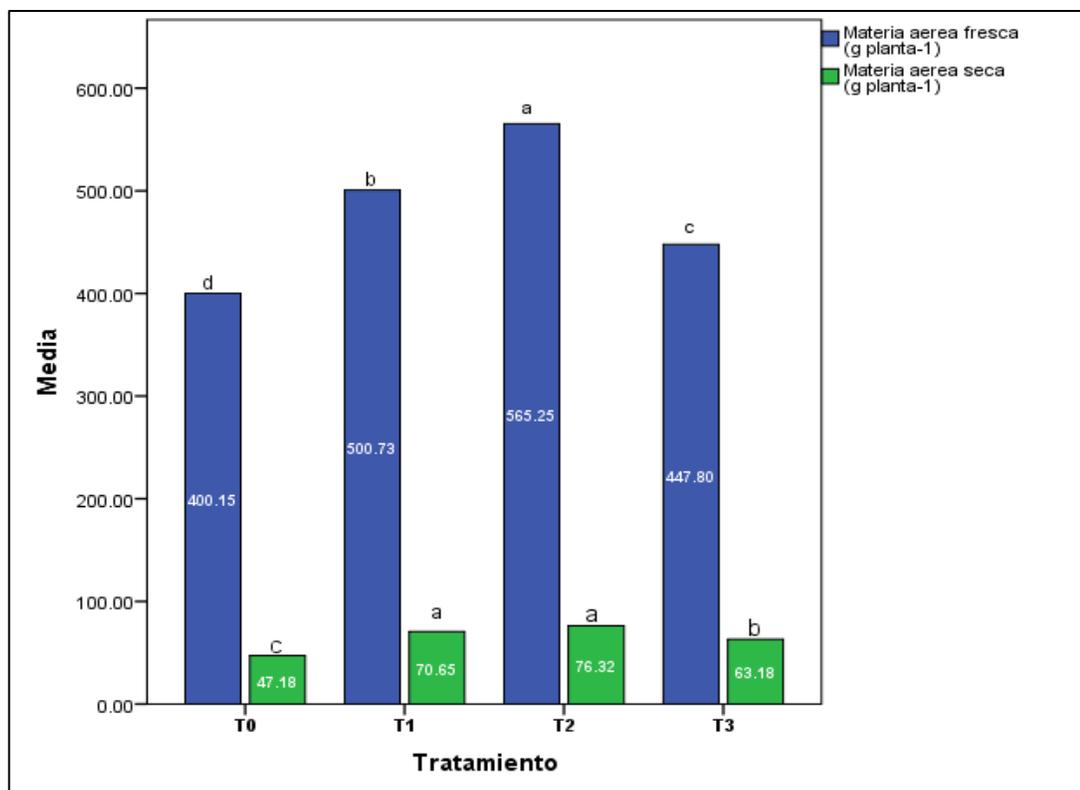
Duncan <sup>a</sup>	Tratamiento	n	Subconjunto para alfa = 0.05			
			1 c d	2 c b	3 a b	4 a
Materia aérea fresca (g planta <sup>-1</sup> )	T0	4	400,150			
	T3	4		447,800		
	T1	4			500,725	
	T2	4				565,250
	Sig.			1,000	1,000	1,000
Materia aérea seca (g planta <sup>-1</sup> )	T0	4	47,175			
	T3	4		63,175		
	T1	4			70,650	
	T2	4				76,325
	Sig.			1,000	1,000	0,070

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4.000.

Según la prueba Duncan, la aplicación de microorganismos en distintas versiones presenta diferencias estadísticas con respecto al peso de la materia aérea fresca y seca (Figura 19), siendo el tratamiento T2 (*Beauveria*) el que destaca en cuanto a peso fresco y en los tratamientos T1 y T2 en con respecto al peso seco, los cuales son estadísticamente similares. No obstante, Sánchez-Rodríguez et al., (2018), indica que son escasos los estudios realizados para comprender los efectos que la colonización por *Beauveria bassiana* sobre el desarrollo de las plantas y sus respuestas frente al estrés abiótico.

Por otra parte, Sarma (2015) y Mukherjee (2013) mencionan que *Trichoderma*, es un género de hongos asociado a las raíces de las plantas y al suelo, se encuentra entre los agentes de control biológico más importantes, representando más del 60% de todas las especies conocidas utilizadas en el manejo de enfermedades infecciosas en plantas y que también desempeñan un papel crucial en su crecimiento.



**Figura 20.** Efecto de la aplicación de microorganismos sobre el peso de la materia aérea fresca y seca de la planta de sandía.

#### 4.4. Prueba de Kruskal-Wallis

- **Circunferencia del fruto.**

**Tabla 20.** Comparaciones por parejas de las aplicaciones de microorganismos (Var. Circunferencia del fruto).

Muestra1-Muestra2	Estadístico de prueba	Estándar Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajust.
T0 – T1	-17,300	8,977	-1,927	0,054	0,324
T0 – T2	-38,700	8,977	-4,311	0,000	0,000
T0 – T3	-64,600	8,977	-7,196	0,000	0,000
T1 – T2	-21,400	8,977	-2,384	0,017	0,103
T1 – T3	-47,300	8,977	-5,269	0,000	0,000
T2 – T3	-25,900	8,977	-2,885	0,004	0,023

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son iguales. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significancia es 0.05.

El análisis de comparaciones por parejas dado por la prueba de Kruskal-Wallis para análisis no paramétrico revela diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, lo que sugiere que dichos tratamientos ejercen un efecto notable en la variable de interés. Al emplear un nivel de significancia de 0.05, se constata que no hay una diferencia significativa entre las medianas de los tratamientos T0 y T1 ( $p= 0,324$ ), así como entre T1 y T2 ( $p= 0,103$ ).

Sin embargo, se encuentran diferencias significativas en las comparaciones T0-T2, T0-T3, T1-T3 y T2-T3, lo que sugiere que al menos uno de los tratamientos ejerció un efecto notable en la circunferencia del fruto en comparación con los demás tratamientos. Por lo tanto, se puede concluir que la aplicación de microorganismos influye en la circunferencia del fruto de sandía.

Los resultados respaldan la idea de que la aplicación de microorganismos puede influir en el tamaño y desarrollo de los frutos de sandía. Estos hallazgos son consistentes con la investigación de Chiriboga et al. (2015), quienes mencionan que *Beauveria bassiana* puede tener efectos permanentes en las poblaciones de insectos plaga, lo que podría traducirse en un mejor desarrollo de los frutos de sandía al reducir la presión de plagas.

- **Diámetro del fruto.**

**Tabla 21.** Comparaciones por parejas de las aplicaciones de microorganismos (Var. Diámetro del fruto).

<b>Muestra1-Muestra2</b>	<b>Estadístico de prueba</b>	<b>Estándar Error</b>	<b>Desv. Estadístico de prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Sig. ajust.</b>
T0 – T1	-17,467	8,977	-1,946	0,052	0,310
T0 – T2	-38,883	8,977	-4,332	0,000	0,000
T0 – T3	-63,783	8,977	-7,106	0,000	0,000
T1 – T2	-21,417	8,977	-2,386	0,017	0,102
T1 – T3	-46,317	8,977	-5,160	0,000	0,000
T2 – T3	-24,900	8,977	-2,774	0,006	0,033

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son iguales. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significancia es 0.05.

El análisis de comparaciones por parejas revela diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, en específico en las comparaciones T0-T2, T0-T3, T1-T3 y T2-T3, lo que sugiere que al menos uno de los tratamientos tuvo un efecto notable en el diámetro del fruto en comparación con los demás tratamientos. Por lo tanto, se puede concluir que la aplicación de microorganismos influye en el diámetro del fruto de sandía.

Estos resultados referentes al diámetro del fruto se relacionan con investigaciones similares como la de Montalván, (2023) en la cual realizó la aplicación de micorrizas y ácidos húmicos para estudiar su respuesta agronómica en el cultivo de sandía, y en la cual obtuvo resultados destacables en el tratamiento T3 (ácidos húmicos + micorrizas) con un diámetro máximo de 58 cm. esto sugiere que las combinaciones con microorganismos pueden tener un impacto significativo en el desarrollo y crecimiento de los frutos.

- **Peso del fruto**

**Tabla 22.** Comparaciones por parejas de las aplicaciones de microorganismos (Var. Peso del fruto).

<b>Muestra1-Muestra2</b>	<b>Estadístico de prueba</b>	<b>Estándar Error</b>	<b>Desv. Estadístico de prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Sig. ajust.</b>
T0 – T1	-29,900	8,961	-3,337	0.001	0,005
T0 – T2	-50,267	8,961	-5,609	0.000	0,000
T0 – T3	-70,300	8,961	-7,845	0.000	0,000
T1 – T2	-20,367	8,961	-2,273	0.023	0,138
T1 – T3	-40,400	8,961	-4,508	0.000	0,000
T2 – T3	-20,033	8,961	-2,236	0.025	0,152

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son iguales. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significancia es 0.05.

El análisis de comparaciones por parejas revela diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T0-T1, T0-T2, T0-T3 y T1-T3; lo cual indica que al menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo en el cultivo de sandía en comparación con los otros. De modo que, la aplicación de microorganismos influye en el peso del fruto (cm) de sandía.

La influencia observada podría atribuirse a la estimulación que ocurre en la rizosfera, donde la interacción de microorganismos, como en el caso del tratamiento T3, facilita una mayor absorción de nutrientes. Este fenómeno se debe a la compatibilidad existente entre *Trichoderma* y *Beauveria*, como lo señalan Salinas & Soriano (2014) en su estudio. Sus resultados constituyen una contribución al entendimiento de la relación simbiótica entre hongos, rizobacterias y plantas de hortalizas, proporcionando una alternativa para mantener un estado nutricional óptimo en las plantas de *Capsicum annuum* "ají paprika" con una menor aplicación de fertilizantes minerales.

- **Sólidos solubles**

**Tabla 23.** Comparaciones por parejas de las aplicaciones de microorganismos (Var. Sólidos solubles).

Muestra1-Muestra2	Estadístico de prueba	Estándar Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajust.
T0 – T1	-38,567	8,899	-4,334	0,000	0,000
T0 – T2	-41,967	8,899	-4,716	0,000	0,000
T0 – T3	-79,733	8,899	-8,960	0,000	0,000
T1 – T2	-3,400	8,899	-0,382	0,702	1,000
T1 – T3	-41,167	8,899	-4,626	0,000	0,000
T2 – T3	-37,767	8,899	-4,244	0,000	0,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son iguales. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significancia es 0.05.

El análisis de comparaciones por parejas revela que solo hay una comparación que muestra similitudes significativas entre los tratamientos. Específicamente, se encontró que las medianas de los tratamientos T1 y T2 son similares con una significancia de 1.000, utilizando un nivel de confianza del 95%. En contraste, las otras comparaciones entre tratamientos no mostraron similitudes estadísticamente significativas, lo que sugiere que estos tratamientos tienen efectos diferentes en la variable de sólidos solubles, lo cual indica que la aplicación de microorganismos influye en la concentración de azúcares medidos en grados brix.

Este resultado guarda similitudes con el estudio realizado por Granell & Borrás (2019), en el que investigaron un bioestimulante que contenía bacterias conocidas como PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), aplicado en cítricos. En este estudio, los microorganismos fueron capaces de adaptarse a diversas condiciones ambientales y ejercieron influencia sobre el

metabolismo de la planta, lo que resultó en una mejora en la absorción de potasio (K) y un aumento en los sólidos solubles totales (SST), que representan la concentración de azúcares en forma de °Brix. Esto condujo a una mejora en la calidad de los frutos.

#### 4.4. Estimación del Rendimiento Agrícola (kg ha<sup>-1</sup>)

El rendimiento obtenido por cada uno de los tratamientos en el momento de la cosecha como se puede observar en la Tabla 27 indica que, el tratamiento T3 (*Trichodermas* + *Beauveria*) alcanzó el valor mayor con un total de 95,05 kg, peso obtenido de 30 muestras equivalentes a tres Unidades Experimentales, seguido del tratamiento T2 (*Beauveria*) el cual obtuvo un total de 86,60 kg, los cuales representan los valores más altos en cuanto a rendimiento.

Tomando en cuenta el rendimiento dado en la ficha técnica del híbrido Mega Lee en el cual se indica que tiene un rendimiento mínimo de 15 ton ha<sup>-1</sup> lo cual convertido a escala del experimento nos da como referencia 64,7 kg por cada 43,13 m<sup>2</sup> correspondiente al muestreo en cada tratamiento.

**Tabla 24.** Tabla de Rendimientos obtenidos en kg para cada tratamiento dado en un área de 43,13 m<sup>2</sup> y su equivalente en kg ha<sup>-1</sup>.

Tratamientos	kg (43,13 m <sup>2</sup> )	kg ha <sup>-1</sup>
T0	65,10	15095,65
T1	77,80	18040,58
T2	86,60	20081,16
T3	95,05	22040,58

Se observó que la combinación de los microorganismos eficientes en el tratamiento T3 bajo sistema de acolchado plástico generó una sinergia positiva en el cultivo de sandía. La interacción entre estos dos elementos favoreció un ambiente propicio para el crecimiento de las plantas, promoviendo la salud del suelo e incrementando el rendimiento. Según Villacís-Aldaz et al. (2016), existe evidencia de compatibilidad entre los hongos *Trichoderma sp.* y *Beauveria sp.*, lo que sugiere la posibilidad de combinar estos organismos para mejorar aún más la salud y productividad de las plantas mediante el control de enfermedades y el suministro de nutrientes adicionales en el suelo.

Según la investigación de Viera-Arroyo (2020), los hongos pertenecientes a los géneros *Trichoderma* y *Beauveria* han demostrado ser eficientes en la mejora de la absorción de nutrientes esenciales como el nitrógeno (N) y el calcio (Ca). Estos nutrientes desempeñan un papel fundamental en procesos biológicos clave, como la división celular, la estructura de las paredes celulares y el crecimiento de las plantas. Además, se ha observado que la presencia de estos hongos puede aumentar significativamente el rendimiento de los cultivos, con incrementos de hasta un 20% en la producción.

## 5. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el estudio revelaron que la aplicación combinada de *Trichoderma spp.* mas *Beauveria bassiana* en el suelo contribuyó significativamente en la producción de los frutos de sandía. Si bien es cierto que estos microorganismos actúan como agentes de control biológico protegiendo las plantas de posibles patógenos, también contribuyen a un ambiente más equilibrado en el suelo. Se observó un aumento notable en el peso fresco de las raíces cuando se aplicó *Trichodermas* y un aumento en el peso de la materia aérea fresca con la aplicación de *Beauveria*. Sin embargo, la sinergia que existe entre estos dos microorganismos exhiben efectos complementarios, pudiendo promover la resistencia de las plantas al estrés abiótico y biótico. Adicional a esto, se suma los beneficios de haber implementado acolchado plástico el cual ofrece varios beneficios que incluyen el control de arvenses, conservación de la humedad y la regulación de la temperatura del suelo, teniendo como resultado una mejora en la calidad de los frutos, con características como simetría, uniformidad e incremento en el peso y solidos solubles, cumpliendo con los estándares de calidad del mercado.
- El análisis de los resultados demostró que la aplicación de microorganismos tuvo un efecto significativo comparado con el tratamiento control en cuanto al rendimiento del cultivo de sandía, Siendo la combinación de *Trichoderma spp* mas *Beauveria bassiana* donde se observó un aumento significativo en la producción. Esto sugiere que la aplicación combinada de estos microorganismos influye positivamente en el rendimiento del cultivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, N. S., Doni, F., Mispan, M. S., Saiman, M. Z., Yusuf, Y. M., Oke, M. A., & Suhaimi, N. S. M. (2021). Harnessing Trichoderma in agriculture for productivity and sustainability. *Agronomy*, 11(12), 2559.
- Adamović, B., Paroški, D., Vojnović, Đ., & Ilin, Ž. (2021). The effect of mulching and low tunnel on the yield, yield components and quality of watermelon. In VIII South-Eastern Europe Symposium on Vegetables and Potatoes 1320 (pp. 101-108).
- Alarcon, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S. M., Buendía Molina, M. A., Alarcon Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S. M., & Buendía Molina, M. A. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67–73.
- Batool R, Umer MJ, Wang Y, He K, Zhang T, Bai S, Zhi Y, Chen J, Wang Z. Synergistic Effect of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma asperellum* to Induce Maize (*Zea mays* L.) Defense against the Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera, Crambidae) and Larval Immune Response. *Int J Mol Sci*. 2020 Nov 3;21(21):8215. doi: 10.3390/ijms21218215. PMID: 33153030; PMCID: PMC7663379.
- Bello, T. T., Coyne, D. L., Rashidifard, M., & Fourie, H. (2020). Abundance and diversity of plant-parasitic nematodes associated with watermelon in Nigeria, with focus on *Meloidogyne* spp. *Nematology*, 22(7), 781-797.
- Bhattacharyya, P., Goswami, M., & Bhattacharyya, L. (2016). Perspective of beneficial microbes in agriculture under changing climatic scenario. *Journal of Phytology*, 8: 26-41.
- Biocultivos. (2009). FICHA TÉCNICA: Cepa *Trichoderma viride*. <http://www.biocultivos.com.co/dctos/Ficha+Tecnica+Cientifica+del+Trifisol.pdf>
- Blanco, S., Sirio, A., & Roldán, S. (2022). Uso de Bioinsecticidas: *Beauveria bassiana*. Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo” FCA – UNNE, 1–8. [https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/51284/RIUNNE\\_FCA\\_AR\\_Blanco-Sirio-Roldan.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/51284/RIUNNE_FCA_AR_Blanco-Sirio-Roldan.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Boyhan, G. E., O’Connell, S., McNeill, R., & Stone, S. (2019). Evaluation of Watermelon Varieties under Organic Production Practices in Georgia. *HortTechnology*, 29(3), 382-388.

- Brown, N. (2018). Hongos benéficos para la agricultura orgánica y convencional. REVISTA FRUTÍCOLA COPEFRUT S.A., 40, 29. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/62710/NR41337.pdf?sequence=1>
- Cardenas, V. (2001). Evaluación agro económica de siete materiales genéticos de sandía con tres niveles de poda vegetativa bajo condiciones protegidas en Zamorano. [http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1360/1/T1239.pdf&sa=U&ved=0CAsQFjAAahUKEwjfxIbUqjIAhWLXIgKHaGnCmU&usg=AFQjCNFUjA7hGfqVII54j7\\_50i0pkp--SQ](http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1360/1/T1239.pdf&sa=U&ved=0CAsQFjAAahUKEwjfxIbUqjIAhWLXIgKHaGnCmU&usg=AFQjCNFUjA7hGfqVII54j7_50i0pkp--SQ)
- Casaca, Á. (2005). El Cultivo de la Sandía. Banco Interamericano de Desarrollo, 31(1), 21–28. [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642020000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- Chamorro., G., & Gallegos., C. (2012). Efecto de Tres Sistemas de Poda de Formacion y Tres Dencidades de Plantacion en el Comportameinto Agronomico de Sandía, Variedad Charleston Gray (*Citrullus lanatus*. Thunb) En la Zona de Caldera, Carchi. [http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2144&sa=U&ved=0CAsQFjAAahUKEWjMn\\_iEqjIAhWNo4gKHSRsC44&usg=AFQjCNGakU22raDWImd63D8XRqqOzqMeeg](http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2144&sa=U&ved=0CAsQFjAAahUKEWjMn_iEqjIAhWNo4gKHSRsC44&usg=AFQjCNGakU22raDWImd63D8XRqqOzqMeeg)
- Chemonics International, I. (2011). Guía para el cultivo de sandía (*Citrullus Lanatus*), Programa de Diversificación Hortícola Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola.
- Chiriboga, H., Gomez B., G., & Garces E., K. (2015). *Beauveria Bassiana*, hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras. In IICA (Instituto interamericano de cooperación para la Agricultura). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2646/BVE17038724e.pdf;jsessionid=15810051E3ECA9685E6C4B0ADD1280F1?sequence=1>
- Coello, Jazmin (2020). *EVALUACIÓN de LA APLICACIÓN de (Beauveria Bassiana) PARA EL CONTROL de LA MOSCA BLANCA (Bemisia Tabaci L.) EN EL CULTIVO de MELÓN (Cucumis Melo L.) EN LA ZONA de VINCES, PROVINCIA de LOS RÍOS. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.* [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/COELLO%20LOOR%20JAZMIN%20VALENTINA%20\(wecompress.com\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/COELLO%20LOOR%20JAZMIN%20VALENTINA%20(wecompress.com).pdf)

- Crawford, H., & Abarca, P. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de Sandia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai.) (Boletín IN). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6667>
- Devi, P., Perkins-Veazie, P., & Miles, C. (2020). Impact of grafting on watermelon fruit maturity and quality. *Horticulturae*, 6(4), 97.
- Díaz, C., & Santos, B. (2012). El acolchado plástico. 1–4. [http://agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otra\\_431\\_acolchado.pdf](http://agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otra_431_acolchado.pdf)
- Díaz OA, Montero DM, Lagos JA (2009). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. *Colomb For* 2009; 2 (1): 141-160.
- Espinosa, J., Moreno, J., & Bernal, G. (2018). *The Soils of Ecuador* (J. Espinosa, J. Moreno, & G. Bernal, Eds.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0>
- FAOSTAT. (2023). Producción/Rendimiento de Sandías en Ecuador. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Fernandez, I. (1996). Estudio de la regulacion en la produccion de sandía (*Citrullus vulgaris* L.) mediante la aplicacion de tres sistemas de poda. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1617.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1617.pdf)
- Flores-Ruiz, E., Miranda-Novales, M. G., & Villasís-Keever, M. Á. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Revista alergia Mexico (Tecamachalco, Puebla, Mexico: 1993)*, 64(3), 364–370. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i3.304>
- Flores Tapia, C. E., & Flores Cevallos, K. L. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Societas*, 23(2), 83–106. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302>
- Fred B, M., Titus, A., Hussein, S., Gabriel, D., Shahasi Y, A., Perpetua, I., ... & Arthur K, T. (2022). Pumpkin and watermelon production constraints and management practices in Uganda.
- Frete, F., & Martínez, M. (2011). Sandia Analisis De La Cadena De Valor En El Departamento De Concepción. USAID/Paraguay, 4, 46. [www.acdivoca.org](http://www.acdivoca.org)

- Frete, F., & Martínez, M. (2011). Sandía: Análisis de la cadena de valor en el departamento de Concepción. Paraguay: USAID del pueblo de los Estados Unidos. Recuperado de <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/sandia.pdf>.
- García Bu Bucogen, G., Piccolo, M. C., & Bohn, V. Y. (2022). Implementación de datos meteorológicos modelados en el norte patagónico argentino (1982-2017). *Investigaciones geográficas*, 78, 67. <https://doi.org/10.14198/ingeo.21449>
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., & Vega-Franco, L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista mexicana de pediatría*, 70(2).
- IICA. (2007). Guía práctica para la exportación a EE.UU. 1–11. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7812/BVE19040118e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ilahy, R., Tlili, I., Siddiqui, M. W., Hdider, C., & Lenucci, M. S. (2019). Inside and beyond color: Comparative overview of functional quality of tomato and watermelon fruits. *Frontiers in plant science*, 10, 769.
- Importadora Alaska. (2019). Sandia Mega Lee F1 Características (pág. 1). [https://www.imporalaska.com/uploads/products/2019/06/ficha\\_1560521272\\_1560521524.pdf](https://www.imporalaska.com/uploads/products/2019/06/ficha_1560521272_1560521524.pdf)
- Jones, J. G., Korir, R. C., Walter, T. L., & Everts, K. L. (2020). Reducing chlorothalonil use in fungicide spray programs for powdery mildew, anthracnose, and gummy stem blight in melons. *Plant Disease*, 104(12), 3213-3220.
- Khandaker, M. M., Fazil, R., Saifuddin, M. A. A. M., & Zakaria, A. J. (2020). Effects of temperature treatment on seed germination, root development and seedling growth of *Citrullus lanatus* (watermelon). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26(3), 558-566.
- Lazo, I., Villaseñor, D., Luna, Á., Rodríguez, I., & Cun, J. (2023). Efectos de la aplicación de diferentes fuentes de Silicio foliar en el cultivo de 2 pimiento, Var: Yolo Wonder. [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22156/1/Trabajo\\_Titulacion\\_2253.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22156/1/Trabajo_Titulacion_2253.pdf)
- Lee, E. S., Kim, D. S., Kim, S. G., Huh, Y. C., Back, C. G., Lee, Y. R., ... & Lee, J. (2021). QTL mapping for gummy stem blight resistance in watermelon (*Citrullus* spp.). *Plants*, 10(3), 500.

- Lucas, F. (2018). Efecto de tres diferentes dosis de fertilizantes edáficos y uno foliar en el cultivo de melón (*Cucumis melo*), cantón Milagro, Guayas (Tesis de grado). Recuperado de Universidad Agraria del Ecuador: <https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/lucas%20pluas%20juan%20francisco.pdf>
- Luna-Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Agurto, L., & Villaseñor, D. (2018). Spatio-temporal distribution of precipitation in the Jubones river basin, Ecuador: 1975-2013. *Scientia agropecuaria*, 9(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>
- Martínez, G., Rey, J. C., Pargas, R., Guerra, C., Manzanilla, E., y Ramírez, H. (2021). Efecto de sustratos y fuentes orgánicas en la propagación de banano y plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 808-822.
- Mazrou, Y. S., Makhoulf, A. H., Elseehy, M. M., Awad, M. F., & Hassan, M. M. (2020). Antagonistic activity and molecular characterization of biological control agent *Trichoderma harzianum* from Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1-8.
- McGuire, A. V., & Northfield, T. D. (2020). Tropical occurrence and agricultural importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 6.
- Mendoza, D. (2009). Incidencia del número de guías principales sobre la producción orgánica de sandía (*Citrullus vulgaris*) en dos cultivares (Royal Charleston y Paladín). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/353/1/13T0647 .pdf](http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/353/1/13T0647.pdf)
- Mesa Vanegas, A. M., Marín Pavas, D. A., & Calle Osorno, J. (2020). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, 41(111), 1–13. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02>
- Montalván, Erick. (2023). RESPUESTA AGRONÓMICA DEL CULTIVO de SANDIA (*Citrullus Lanatus L.*) a LA APLICACIÓN de MICORRIZAS Y ÁCIDOS HÚMICOS, CANTÓN SALITRE PROVINCIA DEL GUAYAS. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS.
- Montes, F. (2004). *Análisis de la varianza ANOVA*. Universitat de Valencia. <https://www.uv.es/montes/biomecanica2004/anova.pdf>

- Moses, L. E. (1952). *NON-PARAMETRIC STATISTICS FOR PSYCHOLOGICAL RESEARCH*. Uoa.gr.  
[http://expsylab.psych.uoa.gr/fileadmin/expsylab.psych.uoa.gr/uploads/papers/moses\\_1952.pdf](http://expsylab.psych.uoa.gr/fileadmin/expsylab.psych.uoa.gr/uploads/papers/moses_1952.pdf)
- Mukherjee, P.K.; Horwitz, B.A.; Herrera-Estrella, A.; Schmoll, M.; Kenerley, C.M. Trichoderma research in the genome era. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2013, 51, 105–129.
- Narwade, J. D., Odaneth, A. A., & Lele, S. S. (2023). Solid-state fermentation in an earthen vessel: *Trichoderma viride* spore-based biopesticide production using corn cobs. *Fungal Biology*.
- Nkoana, D. K., Mashilo, J., Shimelis, H., & Ngwepe, R. M. (2022). Nutritional, phytochemical compositions and natural therapeutic values of citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*): A Review. *South African Journal of Botany*, 145, 65-77.
- Norjmaa, U., Nasamdulam, D., Enkhjargal, B., & Banzragch, D. (2019). Morphological and molecular identification of *Beauveria bassiana* from agricultural soils. *Mongolian Journal of Agricultural Sciences*, 27(02), 20-24.
- Orrala, N. (2013). Influencia de patrones sobre la producción y calidad del fruto de sandía en Santa Elena, Ecuador. 40(4), 11–18. [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V40-Numero\\_4/cag044131940.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V40-Numero_4/cag044131940.pdf)
- Ownley, B.H.; Gwinn, K.D.; Vega, F.E. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: Ecology and evolution. *BioControl* 2010, 55, 113–128.
- Panchana, L. (2009). Escuela de campo (ECAs), para el manejo adecuado del cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*. L) en el recinto Valle de la Virgen, cantón Pedro Carbo. Escuela Superior Politécnica Del Litoral., 48.  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VARELA TAPIA JORDAN FRANCISCO.pdf>
- Petchsomrit, A., McDermott, M. I., Chanroj, S., & Choksawangkarn, W. (2020). Watermelon seeds and peels: fatty acid composition and cosmeceutical potential. *OCL*, 27, 54.
- Quezada, N. (2014). Estadística con SPSS 22. Editorial Macro.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=hg0wDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=spss+2.0+porque+se+usa&ots=XeYl\\_1tVkQ&sig=lTO\\_oPS8c6NiPbAlcVWWIrdbz1Q#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=hg0wDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=spss+2.0+porque+se+usa&ots=XeYl_1tVkQ&sig=lTO_oPS8c6NiPbAlcVWWIrdbz1Q#v=onepage&q&f=false)

- Qureshi, J., & Kostyk, B. C. (2023). Comparison of Soil-Applied Insecticides for Control of Silverleaf Whitefly on Watermelon, 2022. *Arthropod Management Pruebas*, 48(1), tsac134.
- Reche, J. (1994). Cultivo intensivo de la sandía. In Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_2000\\_2106.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2000_2106.pdf)
- Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keeve, M. Á., & Miranda-Novales, M. G. (2016). *Estadística descriptiva*. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755026009.pdf>
- Restrepo, T. (1998). El Cultivo de la Sandía o Patilla *Citrullus Lanatus* en el Departamento del Meta. (Manual de).
- Rosado, L. (2020). Control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8498/E-UTB-FACIAG-ING-AGROP-000100.pdf?sequence=1#:~:text=El Ecuador al poseer zonas,por año de 50642 toneladas>.
- Rosales, V. (2018). ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA SANDÍA (*Citrullus lanatus*) EN EL CENTRO DE PRÁCTICA MANGLARALTO, PROVINCIA DE SANTA ELENA. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4281/1/UPSE-TAA-2018-0005.pdf>
- Salinas, Rosa y Bertha Soriano. (2014). “Efecto de *Trichoderma Viride* Y *Bradyrhizobium Yuanmingense* En El Crecimiento de *Capsicum Annuum* En Condiciones de Laboratorio.” *Revista REBIOLEST*, vol. 2, núm. 2, 2014, págs. 20–32, [revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/750](http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/750).
- Sánchez-Rodríguez, M. A. (2021) La significancia estadística y los intervalos de confianza: ¿qué me indican y cómo puedo interpretarlos? [https://www.researchgate.net/profile/Martha-Sanchez-Rodriguez/publication/353213554\\_La\\_significancia\\_estadistica\\_y\\_los\\_intervalos\\_de\\_confianza\\_que\\_me\\_indican\\_y\\_como\\_puedo\\_interpretarlos/links/617c2d5c3c987366c300061d/La-significancia-estadistica-y-los-intervalos-de-confianza-que-me-indican-y-como-puedo-interpretarlos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Martha-Sanchez-Rodriguez/publication/353213554_La_significancia_estadistica_y_los_intervalos_de_confianza_que_me_indican_y_como_puedo_interpretarlos/links/617c2d5c3c987366c300061d/La-significancia-estadistica-y-los-intervalos-de-confianza-que-me-indican-y-como-puedo-interpretarlos.pdf)
- Sánchez-Rodríguez, A.R.; Raya-Díaz, S.; Zamarreño, Á.M.; García-Mina, J.M.; del Campillo, M.C.; Quesada-Moraga, E. An endophytic *Beauveria bassiana* strain increases spike production in bread and durum wheat plants and effectively controls cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*) larvae. *Biol. Control* 2018, 116, 90–102.

- Sankar, C., Jayaraj, J., Shanthi, M., Chinniah, C., Vellaikumar, S., & Rajamanickam, C. (2022). Field Efficacy of Certain Biorational Pesticides against aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) on Watermelon, *Citrullus lanatus* Thunb. Matsum and Nakai. *Madras Agricultural Journal*, 108(december (10-12)), 1.
- Sarma, B.K.; Yadav, S.K.; Singh, S.; Singh, H.B. Microbial consortium-mediated plant defense against phytopathogens: Readdressing for enhancing efficacy. *Soil Biol. Biochem.* 2015, 87, 25–33.
- Schmidt-Jeffris, R. A., Coffey, J. L., Miller, G., & Farfan, M. A. (2021). Residual activity of acaricides for controlling spider mites in watermelon and their impacts on resident predatory mites. *Journal of Economic Entomology*, 114(2), 818-827.
- Seaby, D. (1996). Investigation of the epidemiology of green mould of mushroom (*Agaricus bisporus*) compost caused by *Trichoderma harzianum*. *Plant Pathology*, 45: 913-92.
- Shrefler, J., Brandenberger, L., Rebek, E., Damicone, J., & Taylor, M. (2015). Watermelon production. Oklahoma Cooperative Extension, Oklahoma State University, Oklahoma, United States of America, Fact Sheets, HLA-6236. Available online at (<http://osufacts.okstate.edu>).
- Sun, Y., Fan, M., & He, Y. (2019). Transcriptome analysis of watermelon leaves reveals candidate genes responsive to cucumber green mottle mosaic virus infection. *International journal of molecular sciences*, 20(3), 610.
- Ulas, A., Doganci, E., Ulas, F., & Yetisir, H. (2019). Root-growth characteristics contributing to genotypic variation in nitrogen efficiency of bottle gourd and rootstock potential for watermelon. *Plants*, 8(3), 77.
- USDA (United States Department of Agriculture). (2014). Handbook. Keys to Soil Taxonomy, Soil Survey Staff, fourth edition. [http://www.ascr.usda.gov/complaint\\_filing\\_file.html](http://www.ascr.usda.gov/complaint_filing_file.html).
- Vadakattu, G. (2012). Beneficial microorganisms for sustainable agriculture. *Official Journal of the Australian Society for Microbiology*, INC 33(3):
- Viera-Arroyo, W. F. (2020). Rol de los microorganismos benéficos en la Agricultura Sustentable Role of beneficial microorganismos in Sustainable Agriculture. *Selva Andina Biosphere*, 8(2), 67-68.
- Villa, M.; Catalán, E.; Inzunza, M.; Román, A. 2005. Manejo de la fertilización en plántulas de tomate para trasplante. *Agrofaz* 5(3): 1-4.

- Villacís-Aldaz, L., Chungata, L., Pomboza, P., & León, O. (2016). Compatibilidad y tiempo de sobrevivencia de cuatro microorganismos benéficos de uso agrícola en biol. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(1), 39–45. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592016000100004](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000100004)
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Revista Cumbres*, 1(2), 28-34.
- Villón, M. (2011). Manejo biológico de hongos fitopatógenos del suelo e insectos plagas en el cultivo de sandía (*Citullus lanatus* Thunb.) en la comuna Rio Verde, Parroquia Chanduy, Provincia de Santa Elena.
- Wijesinghe, S. A. E. C., Evans, L. J., Kirkland, L., & Rader, R. (2020). A global review of watermelon pollination biology and ecology: The increasing importance of seedless cultivars. *Scientia Horticulturae*, 271, 109493.
- Yassin, M. T., Mostafa, A. A. F., & Al-Askar, A. A. (2021b). In vitro antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *T. viride* strains compared to carbendazim fungicide against the fungal phytopathogens of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1-9.
- Yassin, M. T., Mostafa, A. A. F., Al-Askar, A. A., Sayed, S. R., & Rady, A. M. (2021a). Antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* strains against some fusarial pathogens causing stalk rot disease of maize, in vitro. *Journal of King Saud University-Science*, 33(3), 101363.
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178.
- Zobel, R.W. (1995). Genetic and environmental aspects of roots and seedling stress. *HortScience* 30(6): 1189-1192.