



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE POSGRADO “ING. JACOBO BUCARAM  
ORTIZ, PHD”**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**EFFECTO DE LA BACTERIA *Bacillus subtilis* MÁS TIERRA  
LEONARDITA EN EL RENDIMIENTO DEL BANANO**

**(*Musa AAA*)**

**ING. AGR. AXEL RICARDO ESTEVES LÓPEZ**

**GUAYAQUIL, ECUADOR**

**2024**

# ESCUELA DE POSGRADO “ING. JACOBO BUCARAM ORTIZ, PHD”

## CERTIFICACIÓN

El suscrito, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de directora **CERTIFICO QUE:** he revisado el Trabajo de Titulación, denominada: **EFEECTO DE LA BACTERIA *Bacillus subtilis* MÁS TIERRA LEONARDITA EN EL RENDIMIENTO DEL BANANO (Musa AAA)**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por la estudiante, **ING. AGR. AXEL RICARDO ESTEVES LÓPEZ**; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

---

**Ing. Tany Burgos Herreria M.Sc.**

Guayaquil, 10 de junio del 2024

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**ESCUELA DE POSGRADO “ING. JACOBO BUCARAM**  
**ORTIZ, PHD”**

**EFFECTO DE LA BACTERIA *Bacillus subtilis* MÁS TIERRA LEONARDITA**  
**EN EL RENDIMIENTO DEL BANANO (*Musa AAA*)**

**ING. AGR. AXEL RICARDO ESTEVES LÓPEZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO**  
**COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**Ing. Braulio Carrera Maridueña, MSc**  
**PRESIDENTE**

**Ing. Wilmer Pilaloe David, MSc**  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Tany Burgos Herrería, MSc**  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Pedro Andrade Alvarado, MSc**  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y la Universidad Agraria del Ecuador, una institución que me ha brindado las herramientas necesarias para crecer tanto académica como personalmente. Agradezco al Dr. Jacobo Bucaram Ortiz Creador Fundador de esta prestigiosa Universidad y todos los profesores y personal administrativo que, con su dedicación y compromiso, han contribuido a mi formación.

A mi tutor de tesis, Ing. Tany Burgos Herrería, por su paciencia, sabiduría y orientación constante. Sus valiosos consejos y su inquebrantable apoyo fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

A mi familia, por su amor incondicional y su apoyo en cada paso del camino. Gracias a mis padres, Jacqueline López e Ing. Roberto Esteves, por creer siempre en mí y por inculcarme los valores de esfuerzo y perseverancia. A mi estimada enamorada Laleska Lazo, por su ánimo constante y su fé en mi capacidad para alcanzar mis metas.

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a Mi Padre Ing., Roberto Esteves C. M.Sc, que desde el cielo me sigue cuidando y bendiciendo, a mi Madre Jacqueline López y a Mi familia que me apoyo en todo y en especial a mi apreciada enamorada Laleska Lazo que estuvo en todos los momentos dándome aliento para no desmallar impulsándome a seguir adelante y alcanzar este Título de Magister en sanidad vegetal les agradezco de todo corazón y los amo.

## **RESPONSABILIDAD**

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autora y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

**Ing. Axel Ricardo Esteves López**

**C. I. 0923615959**

## RESUMEN

El ensayo experimental se realizó en el sector agrícola de la Parroquia Pancho Negro, cantón La Troncal, provincia del Cañar, entre octubre de 2023 y enero de 2024. El objetivo fue establecer el efecto de *Bacillus subtilis* y leonardita en la producción de banano en plantas jóvenes. Se definieron tratamientos usando la bacteria fototrófica *Bacillus subtilis* y tierra leonardita para aumentar la productividad del cultivo de banano.

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), utilizando análisis de varianza y comparación de promedios con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Los tratamientos consistieron en *Bacillus subtilis* y tierra leonardita, aplicados individualmente y combinados en diferentes dosificaciones, además de un testigo absoluto. Los tratamientos fueron: T1: *Bacillus subtilis* (2 kg), T2: Tierra leonardita (100 kg), T3: *Bacillus subtilis* + Leonardita (2 kg + 100 kg), T4: *Bacillus subtilis* + Leonardita (3 kg + 200 kg), y T5: Testigo.

Se concluyó que el uso combinado de *Bacillus subtilis* con tierra leonardita beneficia el crecimiento vegetativo del banano, alcanzando 283.50 cm de altura en la floración y 88.83 cm de diámetro del pseudotallo. El tratamiento 4 (3 kg + 200 kg) generó el mayor promedio para las variables productivas del banano, con nueve manos y 49 dedos en promedio.

**Palabras clave:** *Bacillus subtilis*, bacteria fototrófica, banano, pseudotallo, tierra leonardita.

## SUMMARY

The experimental trial was conducted in the agricultural sector of the Pancho Negro Parish, La Troncal canton, Cañar province, between October 2023 and January 2024. The objective was to establish the effect of *Bacillus subtilis* and leonardite on banana production in young plants. Treatments were defined using the phototrophic bacterium *Bacillus subtilis* and leonardite soil to increase banana crop productivity. A completely randomized block design (CRBD) was employed, using analysis of variance and comparison of means with Tukey's test at a 5% probability level. The treatments consisted of *Bacillus subtilis* and leonardite soil, applied individually and combined in different dosages, along with an absolute control. The treatments were: T1: *Bacillus subtilis* (2 kg), T2: Leonardite soil (100 kg), T3: *Bacillus subtilis* + Leonardite (2 kg + 100 kg), T4: *Bacillus subtilis* + Leonardite (3 kg + 200 kg), and T5: Control.

It was concluded that the combined use of *Bacillus subtilis* with leonardite soil benefits the vegetative growth of banana plants, reaching 283.50 cm in height at flowering and 88.83 cm in pseudostem diameter. Treatment 4 (3 kg + 200 kg) generated the highest average for productive variables of bananas, with nine hands and an average of 49 fingers

**Keywords:** *Bacillus subtilis*, phototrophic bacteria, banana, pseudostem, leonardite soil.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....	ii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA .....	v
RESPONSABILIDAD.....	vi
RESUMEN.....	vii
SUMMARY .....	viii
INDICE DE CONTENIDOS .....	ix
INDICE DE ANEXOS .....	xii
INDICE DE APÉNDICES .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	14
Caracterización del Tema .....	14
Planteamiento de la Situación Problemática .....	15
Justificación e Importancia del Estudio .....	15
Delimitación del Problema.....	16
Formulación del Problema .....	16
Objetivos .....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos .....	16
Hipótesis o Idea a Defender .....	17
Aporte Teórico o Conceptual .....	17
Aplicación Práctica .....	17

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Estado del Arte .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Bases Científicas y Teóricas de la Temática .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.1 Origen e importancia del cultivo.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.2 Taxonomía y descripción botánica .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2.3 Generalidades del banano.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.4 Requerimientos edafoclimáticos.....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.5 Principales enfermedades que afectan al banano .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2.6 Importancia de la nutrición en el banano.....</b>	<b>25</b>
<b>1.2.7 <i>Bacillus subtilis</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.8 Tierra leonardita .....</b>	<b>26</b>
<b>1.3 Fundamentación Legal .....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>29</b>
<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Métodos.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.1 Modalidad y Tipo de Investigación .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2 Variables .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.1 Variable Independiente .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2 Variables Dependientes.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.3 Operacionalización de las variables.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3 Tratamientos.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4 Población y muestra .....</b>	<b>33</b>
<b>2.5 Técnicas de Recolección de Datos.....</b>	<b>33</b>
<b>2.6 Diseño experimental .....</b>	<b>34</b>

<b>2.7 Estadística Descriptiva e Inferencial .....</b>	<b>34</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CITADA.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1. Unidad experimental .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO 2. Croquis de campo .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO 3. Inicio del ensayo experimental.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO 4. Selección de plantas a evaluarse.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO 5. Aplicación de tratamientos .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO 6. Aplicación de tierra leonardita .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO 7. Toma de datos, del diámetro del pseudotallo.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO 8. Toma de datos, número de hojas .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 09. Toma de datos , peso de racimo .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 10. Visita de tutor guía .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 11. Visita de tutor guía .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO 12. Productos evaluados .....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE APÉNDICES

<b>APÉNDICE 1. Tratamientos en estudio .....</b>	<b>33</b>
<b>APÉNDICE 2. Esquema del análisis de varianza .....</b>	<b>35</b>
<b>APÉNDICE 3. Promedio de altura de planta (cm) .....</b>	<b>36</b>
<b>APÉNDICE 4. Promedio del diámetro del pseudotallo de banano (cm).....</b>	<b>37</b>
<b>APÉNDICE 5. Promedio del número de hojas de banano.....</b>	<b>38</b>
<b>APÉNDICE 6. Promedio del número de manos .....</b>	<b>39</b>
<b>APÉNDICE 7. Promedio del número de dedos .....</b>	<b>40</b>
<b>APÉNDICE 8. Promedio del peso de racimo de banano .....</b>	<b>41</b>
<b>APÉNDICE 9. Promedio del rendimiento de banano kg/ha.....</b>	<b>42</b>
<b>APÉNDICE 10. Datos del análisis económico.....</b>	<b>43</b>
<b>APÉNDICE 11. Datos de campo de la variable Altura de planta.....</b>	<b>57</b>
<b>APÉNDICE 12. Análisis estadístico de la variable Altura de planta .....</b>	<b>57</b>
<b>APÉNDICE 13. Datos de campo de la variable diámetro del pseudotallo .....</b>	<b>58</b>
<b>APÉNDICE 14. Análisis estadístico de la variable diámetro del pseudotallo .....</b>	<b>58</b>
<b>APÉNDICE 15. Datos de campo del número de hojas a la cosecha .....</b>	<b>59</b>
<b>APÉNDICE 16. Análisis estadístico del número de hojas a la cosecha .....</b>	<b>59</b>
<b>APÉNDICE 17. Datos de campo de la variable número de manos.....</b>	<b>60</b>
<b>APÉNDICE 18. Análisis estadístico de la variable número de manos .....</b>	<b>60</b>
<b>APÉNDICE 19. Datos de campo de la variable número de dedos.....</b>	<b>61</b>
<b>APÉNDICE 20. Análisis estadístico de la variable número de dedos .....</b>	<b>61</b>
<b>APÉNDICE 21. Datos de campo de la variable peso del racimo (kg).....</b>	<b>62</b>
<b>APÉNDICE 22. Análisis estadístico de la variable peso del racimo (kg) .....</b>	<b>62</b>
<b>APÉNDICE 23. Datos de campo de la variable rendimiento (kg/ha) .....</b>	<b>63</b>
<b>APÉNDICE 24. Análisis estadístico de la variable rendimiento (kg/ha).....</b>	<b>63</b>

## INTRODUCCIÓN

Las musáceas se conocen por tener una alta relevancia económica en la región de Centro América, Sudamérica y caribeña. Es producido en sectores de poco rendimiento industrial y puede ser comercializado como fruta. En todo el mundo se constituye por presentar rubros esenciales para casi todos los países productores debido a que es capaz de producir ingresos y fuente de empleo (Simón, 2021).

En ciertos países de Latinoamérica tales como Honduras, Costa Rica y Ecuador se identifican por poseer sectores productores de banano, en la cual se analiza que su productividad obtuvo un incremento del 30% a causa de la variación de cultivares de la variedad Gros Michel. Por otra parte, la productividad de banano en todo el mundo remota en 50 millones de toneladas a nivel anual siendo un alimento para aproximadamente (Benavides, 2019).

El país toma un alto puesto con respecto al cultivo de banano por aproximadamente más de 40 años y es esencial en el comercio de todo el mundo, puesto que Ecuador no es solo el primer exportador del banano, sino que ocupa el segundo puesto en productividad debido a que presenta condiciones climáticas muy adecuadas al igual que un suelo idóneo, esto ha generado que el país produzca frutos en una adecuada condición (Quiñonez, 2020).

En cuanto a la nutrición del banano, el empleo de fertilizantes orgánico se vuelto algo completamente beneficioso para su desarrollo. Las raíces incrementan su capacidad de asimilar específicos nutrientes minerales. Por lo cuales, es de alta relevancia que su fertilización sea adecuada a las necesidades del cultivo cuando se está creciendo sus raíces y pseudotallo. Hay que tomar en cuenta las condiciones edáficas en donde el cultivo va a ser plantado puesto que el banano requiere de condiciones concretas para su apropiado crecimiento (Guevara, 2022).

### **Caracterización del Tema.**

Los agricultores por lo general acuden al empleo desproporcionado de agroquímicos con el fin de aumentar la producción de cultivos puesto que no

conocen de otras opciones biológicas y amigables para el entorno, que únicamente no reducen daños ambientales, sino que se impide que se generen inconvenientes de salud debido a la considerable utilización de químicos. Por lo que se espera obtener una incidencia positiva en el cultivo de banano por medio del uso de bacterias fototróficas con leonardita.

### **Planteamiento de la Situación Problemática.**

Un inconveniente que se presenta en el cultivo de banano es que en ocasiones puede ser desestimado en el mercado local a causa de sus costos puesto que puede llegar a costar mucho más en el país y los pobladores no están enseñados a una variedad orgánica. El banano orgánico únicamente no es bueno solo para salud sino también es amigable para el entorno.

La utilización de bacterias fototróficas son beneficiosas puesto que pueden preservar una agricultura soluble y que no presente químicos en el artículo terminado, razón por la que se emplearon algas en el cultivo de banano orgánico con el fin de suplementar los fertilizantes que así conseguir una producción deseable.

### **Justificación e Importancia del Estudio.**

El cultivo de banano se conoce por ser uno de los más relevantes en Ecuador con respecto a exportación además de ser un generador de trabajo en el campo industrial y agrícola. No solo puede venderse como fruto, pues es capaz de generarse otra variedad de artículos que son demandados por las personas. Dentro del país, este cultivo presenta una elevada demanda.

La Parroquia Pancho Negro la cual se encuentra ubicada en el cantón La Troncal necesita una asistencia técnica que pueda potenciar la productividad del cultivo de banano por medio de diversas actividades agrícolas. De esta manera, el otorgar información a varios productores de esta planta estos ayudan con la ejecución de labores como fertilización, drenaje y riego, entre otros.

A causa de que sea necesario, se emplea la búsqueda de opciones que potencien la producción del banano sin la necesidad de recurrir químicos, puesto que no solo inciden de manera negativa en la salud de las personas, sino que en el entorno también hay daños. Las bacterias fotosintéticas presentan energía que se origina de la luz para el desarrollo de la planta. Además, la leonardita se conoce por ser un fertilizante orgánico que está siendo cada vez más utilizado por los agricultores de ahora.

### **Delimitación del Problema.**

El ensayo experimental se realizó en el sector agrícola de la Parroquia Pancho Negro cantón La Troncal, Provincia del Cañar, entre los meses de octubre del año 2023 a enero del año 2024, con el objetivo de mejorar las plantas productivas del cultivo de banano en la zona de estudio.

### **Formulación del Problema.**

¿Qué efecto tendrá el uso combinado de *Bacillus subtilis* más tierra leonardita sobre las plantas de banano?

### **Objetivos.**

#### **Objetivo General:**

Establecer el efecto de *Bacillus subtilis* más leonardita en la producción del banano en plantas jóvenes.

#### **Objetivos Específicos:**

- Evaluar el efecto de la bacteria más tierra leonardita en el crecimiento vegetativo del banano.
- Determinar el efecto combinado de la bacteria fototrófica con leonardita para incrementar la producción del banano reflejado en el peso del racimo y rendimiento kg/ha.
- Establecer el beneficio costo entre los tratamientos en estudio.



**Hipótesis o Idea a Defender.**

La combinación de una bacteria fototrófica (*Bacillus subtilis*) más tierra leonardita beneficiará el crecimiento vegetativo del banano y aumentará su producción en plantas jóvenes.

**Aporte Teórico o Conceptual.**

Después de terminar el trabajo experimental se espera obtener maneras de mejorar la productividad de plantas jóvenes de banano para aumentar su rendimiento en la zona agrícola del cantón La Troncal, Provincia del Cañar.

**Aplicación Práctica.**

Luego de obtener los resultados del ensayo experimental, se realizará una retroalimentación de la información extraída a los pequeños y medianos agricultores de la zona de estudio.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Estado del Arte

Ortega et al., (2022) valoró el uso de *Bacillus subtilis* en el cultivo de banano bajo un diseño de parcelas divididas y los resultados mostraron que, con el uso de las bacterias fototrófica el desarrollo de las plántulas mejoró notablemente en el ensayo realizado.

Suárez (2019) valoró la eficacia de hongos y bacyerias en el desarrollo vegetativo del banano bajo un diseña completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los resultados indicaron que existió significancia en las variables altura de planta y circunferencia del pseudotallo, mientras la variable número de hojas no presentó diferencias significativas.

Ortega (2022) evaluó *Bacillus sp* en el crecimiento de plántulas de banano, bajo un diseño en parcelas divididas con diferente dosis de nitrógeno. Los resultados mostraron que, el uso de bacterias incrementó significativamente el contenido de nitrógeno en las plantas, esto generó mayor desarrollo de plantas.

Restrepo (2020) evaluó el crecimiento del banano y desarrollo de sigatoka negra en las plantas bajo el uso de cepas de *Bacillus sp*, donde se identificó al uso de la bacteria significancia sobre las variables evaluadas, incrementando su promedio total.

Guaito (2019) evaluó el efecto de ácidos húmicos y fúlvicos en el desarrollo del banano. Se evaluó un diseño de bloques completamente al azar, donde los resultados indicaron que la fertilización balanceada del banano genera mayor promedio en plántulas con 19,44cm, en lo que respecta a diámetro de pseudotallo sobresalió con el 2,80cm. Mientras, los demás tratamientos obtuvieron menor promedio, en la emisión foliar el T7 obtuvo mayor promedio de hojas con siete promedios.

Agudelo y Waldo (2021) valoraron biofertilizantes para el desarrollo de plantas de banano, con un diseño de bloques completamente al azar, donde, la dosis más alta generó mayor promedio sobre las variables evaluadas como altura de planta, diámetro del pseudotallo y número de hojas.

Rosa et al., (2020) evaluó leonardita en plantaciones de banano para incrementar su desarrollo bajo 12 tratamientos y tres repeticiones. Los resultados indicaron que, la mayoría de los tratamientos mejoró la absorción de nutrientes en las plantas.

Montenegro (2022) evaluó enmiendas orgánicas en plantaciones de banano bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados generados mostraron que existió significancia entre los tratamientos en estudio y mejoró las variables altura de plantas, circunferencia del tallo y número de hojas presentes en las plantas.

Hinestroza (2023) evaluó *Bacillus sp* para mejorar la producción de banano, donde identificó a las cepas de *Bacillus subtilis* mejoría en su productividad de banano. Además, se recomienda que realicen más estudios a fin de dilucidar el modo de acción biológica de estos compuestos para optimizar tanto el perfil de producción como el rendimiento.

Alcoser (2021) utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones con la bacteria *Bacillus subtilis*. Los resultados indicaron mayor promedio sobre las variables evaluadas con 13 hojas promedio en su última evaluación.

Asitimbay (2019) evaluó dosis de bacterias fototróficas para el desarrollo de banano donde, los resultados fueron estadísticamente significantes entre los tratamientos estudiados e incrementó el desarrollo de la planta y redujo la presencia de enfermedades.

Higuita y Restrepo (2019) comenta que *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas sp*, promueve el desarrollo de las plantas al ser aplicado de forma balanceada y con

monitoreo constante. Además, de ser fertilizante orgánico reduce la presencia de enfermedades, siendo económicamente rentable para los cultivos.

Castillo (2022) evaluó el desempeño de *Trichoderma sp* y *Bacillus subtilis*, en el cultivo de banano, los resultados indicaron que, dichos productos redujeron la presencia de enfermedades en la plantación y su economía se reflejó rentable para el agricultor.

Arauz (2021) aplicó alternativas biológicas para el manejo enfermedades con seis tratamientos y tres repeticiones. Los resultados mostraron significancia ante la aplicación de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma sp*. Además, aumentó el desarrollo de la planta en su altura y circunferencia del tallo.

Pita (2023) evaluó alternativas biológicas para el desarrollo de banano con el *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces* con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados indicaron que, existió diferencias significativas con el uso biológico para mejorar la producción de banano.

## **1.2 Bases Científicas y Teóricas de la Temática.**

### **1.2.1 Origen e importancia del cultivo**

El cultivo de banano forma parte del conjunto del género *Musa* que proviene de la familia *Musaceae*. La procedencia que se piensa que el banano silvestre presenta se da en el sureste asiático, posteriormente se extendió a partir de la Papa Nueva Guinea hasta Malasia (Chero, 2020).

Las condiciones ecológicas en la cual el cultivo de banano tuvo su procedencia fue bajo sotobosque, razón por la que a esta variedad de planta se conoce como umbrófila, lo que significa que requiere de sombra para un crecimiento adecuado. Debido a esta particularidad, el banano no cierra por completo sus estomas en horarios de temperatura matutina (Morales, 2022).

El banano y las industrias que tienen que ver con este cultivo son generadoras de trabajo para aproximadamente un millón de familias del país, lo que significa 2,5 millones de personas, esto es un 17% de toda la población que existe

hoy en día (Carrillo, 2022).

El banano se conoce por ser uno de los cultivos más provechosos dentro de América Latina y el Caribe. A causa de sus particularidades nutricionales, el cultivo de banano es capaz de producir ingresos económicos para el país, es altamente demandado y es debido a la condición de sus frutos (Caicedo, 2021).

### **1.2.2 Taxonomía y descripción botánica**

Reino Plantae

División Angiospermae

Sub división Angiospermaphyta

Clase Monocotiledónea

Orden Zingiberales

Sub orden Zingiberineae

Familia Musaceae

Sub Familia Musoideae

Tribu *Musaceae*

Genero *Musa* (Ancajima y Cortez, 2022)

Presenta raíces que son repartidas en una capa de alrededor de 30 a 40 cm, teniendo la mayoría de ellas en unos 15 o 20 cm. La coloración de sus raíces es blanca y flexible y días posteriores pueden volverse amarillas y más resistentes. El diámetro puede ir de 5 a 8 mm con una profundidad de 1,5 m. La profundidad también puede variar por la consistencia del suelo (García, 2020).

El tallo consiste en un rizoma enorme y subterráneo que se encuentra coronado con yemas, sirve como una base para la planta y es capaz de preservar reservas amiláceas. Además, esto hace que pueda tener una altura más elevada. Puede tener una estatura de 5 m con un diámetro de 40 cm (Agurto et al., 2022).

Las hojas del cultivo de banano tienen su procedencia en la zona central de desarrollo o meristemo terminal, la cual está ubicada en la sección superior del rizoma. La hoja comienza a formarse en la parte interna del pseudotallo y comienza a mostrarse con una apariencia de cigarrillo. Crecen de manera desproporcionada y luego descienden abruptamente (Chávez, 2022).

La inflorescencia presenta una gran cantidad de brácteas en medio de las hileras de las flores. Las flores femeninas son capaces de volverse frutos y pueden hallarse en hileras en la parte superior del tallo cercanas a las hojas, por otro lado, las hojas masculinas se encuentran más abajo (Avilés, 2022).

Presenta un fruto carnoso y blanco conformado por 3 carpelos, los cuales posteriormente se unen para conformar su estilo y estigma. Presenta un aspecto anguloso cuando el fruto tiene poco tiempo de haberse originado para después incrementar su grosor a medida que pasa el tiempo debido al almidón (Paiva, 2019).

### **1.2.3 Generalidades del banano**

En todo el mundo, el cultivo de banano es el más demandado por las personas. Se conoce por ser el más importante fruto de exportación siendo únicamente rebasada por cítricos, constituye un 12% de productividad internacional de todas las frutas existentes. Es abundante en hidratos de carbono que pueden ser absorbidos de manera fácil por las personas además de otorgar diversos nutrientes energéticos (Gonzabay, 2022).

El cultivo de banano se sitúa entre los artículos agrícolas primarios de alta relevancia en todo el mundo. En el año 2011 este cultivo representó 145 millones de toneladas métricas. Se analizó que un 15% de su productividad tiene como finalidad llegar a los mercados internacionales (Tenesaca, 2019).

La actividad de explotación de vegetación en diferentes selvas dio como resultado la diseminación de diferentes maneras de agricultura en diversas regiones de todo el mundo. El cultivo de banano empezó su diseminación comenzando en el este de Indonesia y fue repartido hasta el norte de Nepal y sur de China (Gutierrez, 2020).

#### 1.2.4 Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo de banano es capaz de cultivarse en diversas circunstancias de luminosidad. Es de alta relevancia tomar en cuenta que en condiciones de luminosidad insuficiente el proceso de hojas nuevas no es impedido, sin embargo, es capaz de retrasar el período vegetativo pudiendo llegar desde 8.5 meses hasta 14 meses dependiendo de la iluminación que se le esté proporcionando (Quimí, 2022).

La temperatura ideal para que se comience el proceso de floración es de 22°C, si se tiene una temperatura mayor de 16°C podría crecer de forma apropiada, sin embargo, si la temperatura es más baja de 14°C el desarrollo cesa y se da un acumulado de materia seca. Si el clima es demasiado frío se da un aumento del transcurso de su desarrollo y se da daños como la deformación de racimos (Rodríguez, 2020).

El banano necesita de cantidades elevadas de agua al ser una planta de índole herbáceo. Alrededor de un 85% a 88% del peso que presenta el fruto de banano está constituido de agua, por lo que necesita de un abastecimiento mes a mes por todo un año de casi 1 200 a 1 300 mm/ha (Romero, 2021).

Si se desea un cultivo de banano que esté apropiadamente desarrollado y sea económicamente provechoso, es necesario que esta obtenga 1,500 horas de luz/año además de un total de 4 horas luz/día. Si el crecimiento de la planta se da en lugares con climas de luminosidad inadecuada y temporadas frías, el período vegetativo de este es capaz de retrasarse o detenerse por completo (González, 2019).

Es necesario presentar una humedad relativa adecuada de 70% a 80% puesto que si está más bajo o más alto de esta cifra es capaz de generarse diversas afecciones que pueden dañar al cultivo. Asimismo, se ha confirmado que la humedad en las hojas puede ser beneficioso en contra de la aparición de Sigatoka (Sánchez, 2020).

## **1.2.5 Principales enfermedades que afectan al banano**

### **1.2.5.1 *Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis)***

Reino Fungi

Filo Ascomycota

Orden Dothidemyces

Familia Mycosphaerellaceae

Género *Mycosphaerella*

Especie *M. fijiensis* Morelet (Velez, 2021).

El hongo determinante de esta enfermedad es el *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, este tiene como particularidad la generación de ascosporas. La etapa sexual del hongo *Pseudocercospora fijiensis* puede además producir conidios cuando la planta es aún joven. En las dos circunstancias las esporas tienen a germinar y los tubos germinativos pueden penetrar a la hoja lo cual conlleva a la enfermedad de la planta (Campo et al., 2020).

### **1.2.5.2 Enfermedad del moko (*Ralstonia solanacearum* raza 2)**

Dominio: Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Betaproteobacteria

Orden: Burkholderiales

Familia: Ralstoniaceae

Género: *Ralstonia*

Especie: *R. solanacearum* raza 2 (Sánchez, 2021).



Esta enfermedad se conoce por infringir en el tejido vascular de la planta por medio de raíces con aberturas ocasionadas de manera natural generadas por raíces secundarias. Cuando ha entrado en el tejido cortical halla una forma de poder alargar su infección incidiendo en el xilema (Arévalo, 2020).

### **1.2.5.3 Mal del panamá (*Fusarium oxysporum f. sp.*)**

Phylum: Ascomycota

Subphylum: Pezizomycotina

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *F. oxysporum f. sp.* (Arias, 2021)

Esta afección es conocido por ser la más devastadora en el cultivo de banano. Este hongo es capaz de generar toxinas que conllevan a la marchitez de la planta, al igual que pudrición de semillas, raíces y tallos, entre otros. Entre sus síntomas están las hojas amarillas las cuales pueden extenderse hasta terminar con una coloración café (Guerrero, 2020).

### **1.2.6 Importancia de la nutrición en el banano**

Las labores enfocadas en la fertilización poseen una alta relevancia en al control de la productividad bananera. Una vez realizados los análisis de fertilización efectuados en 1960 y 2002 se confirmó que, a partir de 1992, casi todos los estudios estuvieron centrados en adecuar las particularidades universales de la fertilización de este cultivo a las circunstancias específicas de diversas regiones. Es aconsejable efectuar un estudio del suelo (Torres et al., 2019).

Las fibras del cultivo de plátano tienden a ser absorbentes y aireadas y pueden tolerar una tracción. El aguante que presenta a la tracción es constituido debido a la matriz en que las células estén ubicadas. La fibra del pseudotallo está constituida

por polisacáridos con celulosa, lignina, pectina, entre otros componentes (Patel y Patel, 2022).

Los inoculantes microbianos al igual que biofertilizantes son capaces de potenciar la producción y el crecimiento de un cultivo. Es una alternativa amigable con el entorno y puede usarse en el cultivo de banano. Es empleado como un método alterno en cultivos no leguminosos y para potenciar la asimilación de nutrientes en el cultivo de banano (Arezo et al., 2020).

### **1.2.7 *Bacillus subtilis***

Este tipo de especie es esencial en la productividad de metabolitos tales como proteasas alcalinas, biosurfactantes, biopolímeros, entre otros. El proceso de electroactividad se encuentra vinculado con el desarrollo y la labor metabólica de *Bacillus Subtilis* (Neda et al., 2022).

Las colonias de esta bacteria tienen una consistencia ya sea llana o áspera y es seco, con extremos irregulares. Como particularidad presenta una acción bactericida que es capaz de utilizarse como solubilizador biológico. Puede ser usado como método de protección para cultivos tales como soya, café, melón, diversas hortalizas, entre otros (Caisa, 2021).

Esta bacteria se conoce como una variedad que puede desarrollarse en una extensa gama de entornos ecológicos que abarcan factores como el suelo, sedimentos marinos y aguas residuales. Poseen una alta relevancia agrícola y es empleado en fertilizantes (Li et al., 2021).

### **1.2.6 Tierra leonardita**

Esta clase de tierra es una etapa del carbón entre la turba y el lignito que presenta una profundidad que va desde los 10 a 15 metros. Esta tierra posee un elevado rango de componentes húmicos los cuales presentan una considerable cantidad de bioactividad orgánica con un 80% de beneficio en los suelos, por lo que es provechoso utilizarlo en fertilizantes (Núñez, 2020).

Esta tierra incrementa el período vegetativo de los cultivos y potencia la salinidad del suelo. Es aconsejable efectuar una agricultura sostenible uniéndolos con fertilizantes químicos con bases de 50 a 100 kg por cada tonelada de la conjunción. Se debe imponer a unos 5 centímetros del cultivo (Biojal, 2019).

Se conoce por ser un proveedor natural de nutrientes los cuales van desde hierro hasta calcio, fósforo, cobre, potasio, entre otros. Impulsa el desarrollo de los cultivos y el crecimiento de raíces una vez se potencia la asimilación de nutrientes en las plantas (Optigarden, 2023).

### **1.3 Marco legal**

#### **FUNDAMENTO NORMATIVO**

##### **Ley de Productos Orgánicos.**

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de febrero del 2006, en donde se establecen entre el ámbito de atribución la de promover y regular los criterios y/o requisitos para la conversión, producción, procesamiento, elaboración, preparación, acondicionamiento, almacenamiento, identificación, empaque, etiquetado, distribución, transporte, comercialización, verificación y certificación de productos producidos orgánicamente.

##### **Acuerdo por el que se da a conocer los Lineamientos para la Operación Orgánica de las Actividades Agropecuarias.**

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2013, en donde se establecen entre el ámbito de atribución la de normar la operación orgánica que desarrollen las personas físicas o morales, en materia agropecuaria; así como los procedimientos para su certificación y reconocimiento y establece el ámbito de aplicación a todas las actividades agropecuarias donde se produzcan productos frescos o vivos, de vegetales o animales y sus productos o subproductos, incluido los materiales de reproducción vegetativa, las semillas, micelios o esporas; los productos de las actividades agropecuarias de procesados o transformados, las levaduras destinadas al procesamiento de alimentos; la producción y comercialización de materiales, sustancias, productos, insumos e ingredientes, previa evaluación positiva a los requisitos y procedimientos, para ser incluidos en la Lista Nacional de permitidos con o sin restricción en la operación orgánica, así como métodos a introducir en las operaciones orgánicas, y la Lista nacional de materiales, sustancias, productos, insumos, métodos e ingredientes prohibidos.

**Acuerdo por el que se da a conocer el Distintivo Nacional de los Productos Orgánicos y se establecen las reglas generales para su uso en el Etiquetado de los Productos Certificados como orgánicos.**

Publicado en el diario oficial de la federación el 25 de octubre de 2013, en donde se establecen entre el ámbito de atribución la de dar a conocer y establecer las reglas de uso del Distintivo Nacional de los Productos Orgánicos con las especificaciones, patrones cromáticos y demás características que se precisan en el presente instrumento (SENASICA, GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, 2019).

## CAPÍTULO 2

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

#### 2.1. Métodos.

El enfoque de esta investigación fue inductivo - deductivo, donde se determinó el efecto de *Bacillus subtilis* más leonardita en la producción del banano.

El modelo metodológico fue empírico-experimental, y se determinó la información obtenida en bases teóricas para el manejo del cultivo de banano, ubicado en el cantón La Troncal, perteneciente a la provincia del Cañar.

##### 2.1.1. Modalidad y Tipo de Investigación.

La modalidad empleada fue experimental, que se basó en el uso combinado de una bacteria fototrófica (*Bacillus subtilis*), más tierra de leonardita con la finalidad de mejorar la productividad del banano y su desarrollo vegetativo.

El tipo de investigación empleado fue experimental, donde fue valorado los tratamientos de forma combinada e individual para corroborar su eficacia en el desarrollo del ensayo.

#### 2.2 Variables.

##### 2.2.1. Variable Independiente.

Se utilizó una bacteria fototrófica (*Bacillus subtilis*) más tierra leonardita para mejorar la productividad del cultivo de banano.

## **2.2.2. Variables dependientes**

### **2.2.2.1 Altura de plantas (cm)**

Este dato se registró en la etapa de floración. Se consideró como tal la medición desde la base del pseudotallo visible hasta la punta de la hoja nueva completamente abierta. Los datos obtenidos fueron promediados por tratamientos y el dato se registró en centímetros.

### **2.2.2.2 Diámetro del pseudotallo (cm)**

Este dato fue tomado con ayuda de una cinta métrica, a una altura de 1 metro desde la base del tallo. Los datos que se registraron fueron en centímetros y se promedió de acuerdo con los tratamientos establecidos.

### **2.2.2.3 Número de hojas al momento de la cosecha (n)**

En el momento de la cosecha se contabilizó el número de hojas presentes en cada unidad experimental, luego se promedió por tratamientos.

### **2.2.2.4 Número de manos (n)**

Se contabilizó el número de manos existentes en los racimos presentes y luego se promedió por tratamientos en estudio.

### **2.2.2.5 Número de dedos (n)**

Se contabilizó el número de dedos existentes en los racimos presentes y luego se promedió por tratamientos en estudio.

### **2.2.2.6 Peso del racimo (kg)**

Después de la cosecha del banano, fue tomado el peso de cada uno para la valoración de la producción. Con ayuda de una balanza se registró el peso del racimo en kilogramos, luego se promedió por tratamiento.

### **2.2.2.7 Rendimiento del cultivo (kg/ha)**

El rendimiento fue determinado por el peso de los racimos recolectados en cada tratamiento, los datos fueron transformados a una producción Kg/ha.

### **2.2.2.8 Utilidad económica de los tratamientos (B/C)**

Para la determinación de estas variables, estos mantuvieron sujetos a los costos totales de producción del cultivo, se tomaron en cuenta los gastos realizados en todo el proceso de producción por la aplicación de los tratamientos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \left( \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Costos totales}} \right) * 100$$

**2.23. Operacionalización de las Variables:** Matriz de operacionalización de las variables.

TIPO DE VARIABLE		DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE	<i>Bacillus subtilis</i>	Excelente agente de control biológico de enfermedades causadas por hongos de suelo y bacterias.	Diferentes tratamientos que influirán en los resultados a obtenerse.	Dosificación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bacillus subtilis</i></li> <li>• Tierra leonardita</li> </ul>
	Tierra leonardita	Es un fertilizante orgánico que contiene altas cantidades de ácidos húmicos que favorecen la producción de los cultivos.	Comparación del efecto de una bacteria fototrófica más leonardita.	Unidades experimentales	
DEPENDIENTE	Altura de plantas	Tamaño de plantas que se toma para medir una variable agronómica.	Se medirá desde la base del pseudotallo visible hasta la punta de la hoja nueva completamente abierta.	Forma longitudinal	Centímetros
	Número de manos	Conteo de manos en una práctica cultural del banano.	Se medirá el número de manos presentes.		Números enteros
	Peso del racimo	Datos obtenidos de una planta al momento de su cosecha.	Se registrará el peso de cada uno de los racimos cosechados.	Valoración de peso	Kilogramos
	Rendimiento	Es una medida de la cantidad de un cultivo cultivado, por unidad de superficie de tierra.	Se determinará por el peso de los racimos recolectados en cada tratamiento, los datos serán transformados a una producción Kg/ha.	Valoración de peso	Kilogramos / hectárea

Elaborado por: Esteves (2024)



### 2.3. Tratamientos

Los tratamientos se definieron a partir del uso de una bacteria fototrófica (*Bacillus subtilis*) y Tierra leonardita para aumentar la productividad del cultivo de banano. *Bacillus subtilis* y tierra leonardita se aplicaron de forma individual y combinado con diferentes dosificaciones. Además, se estudiará un testigo absoluto, que no será aplicado ningún producto. Las frecuencias de aplicación serán en el primer día del ensayo, luego a los 30 y 90 días después.

Cabe mencionar que la bacteria *Bacillus subtilis* se aplico por medio de una bomba de motor de forma foliar y la tierra leonardita de forma edáfica alrededor de la planta evaluada. Las dosis que se muestran a continuación son por hectárea y por parcela (seis plantas correspondientes). Las plantas evaluadas tendrán una altura promedio que oscile entre 1,5 m a 2,5 m.

**Tabla 1. Tratamientos en estudio**

N°	Descripción	Dosis/ha	Dosis/Parcela	Frecuencias
T1	<i>Bacillus subtilis</i>	2 kg	14 g	1 - 30 - 90
T2	Tierra leonardita	100 kg	675 g	1 - 30 - 90
T3	<i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita	2 kg + 100 kg	14 g + 675 g	1 - 30 - 90
T4	<i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita	3 kg + 200 kg	21 g + 1350 g	1 - 30 - 90
T5	Testigo	0	0	-----

Número de tratamientos a estudiarse en el ensayo y frecuencia establecida.  
Elaborado por: Esteves (2024)

### 2.4. Población y Muestra.

**Muestra.** – Se evaluará plantas de banano, después de la aplicación de los tratamientos, para verificar la efectividad del ensayo.

### 2.5. Técnicas de Recolección de Datos.

Para la investigación del presente trabajo experimental se obtuvo información de libros, revistas científicas, tesis de grado, maestría, doctoral, periódico y guías técnicas. Además, para el desarrollo de tablas y datos obtenidos se empleó los programas Microsoft Excel e InfoStat.

Los materiales que utilizaron en el ensayo fueron: *Bacillus subtilis*, tierra leonardita, lupa, bolsas plásticas, rabón, balde, libreta de apuntes, computadora, cámara fotográfica, escalas de muestra, bomba de fumigar a motor e insumos agrícolas.

## **2.6. Diseño experimental**

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), se trabajó con dicho diseño porque todos los tratamientos aparecen representados en cada uno de los bloques del experimento. Para determinar las medias se evaluó bajo seis repeticiones. La unidad experimental fue comprendida por seis plantas, para lo cual se valoraron 30 unidades experimentales o parcelas de banano.

### **2.6.1. Selección de plantas y delimitación**

Se realizo dicha labor seleccionando seis plantas de banano para la evaluación, delimitando cada parcela. La unidad experimental o parcela de banano se constituirá por seis plantas y serán señaladas con un letrero que indique el número de tratamiento y su repetición.

### **2.6.2. Manejo de fertilización**

Con la finalidad de aumentar la producción de banano se aplicó la bacteria *Bacillus subtilis* y tierra leonardita de forma individual y combinado en diferentes dosis para comparar los resultados. Las frecuencias fueron al primer día del ensayo, luego a los 30 y 90. Las dosis aplicadas se detallan en la Tabla 1.

### **2.6.3. Toma de datos**

Los datos se tomaron en campo de acuerdo con las variables evaluadas, además, dichos datos serán promediados por parcelas y se obtendrá el mejor tratamiento.

### **2.6.4. Cosecha**

Luego del manejo experimental se procederá a cosechar las plantas de

banano para verificar la producción del cultivo.

## 2.7. Estadística Descriptiva e Inferencial.

La evaluación estadística de los datos se realizó mediante el análisis de varianza, cuyo esquema se detalla en la tabla 2. La comparación de promedio se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Para el manejo de resultados se utilizaron los programas Excel e InfoStat; dónde, Excel obtuvo los cálculos de cada uno de los tratamientos estudiados e InfoStat permitió la comprobación de los supuestos antes indicados, la obtención de los análisis de varianza y las pruebas de comparación correspondientes mediante el estadígrafo mencionado en el párrafo anterior.

**Tabla 2. Esquema del análisis de varianza**

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos (T-1)	4
Repeticiones (R-1)	5
Error experimental t(r-1)	20
Total (t.r-1)	29

Elaborado por: Esteves (2024)

## RESULTADOS

### Evaluación del efecto de la bacteria más tierra leonardita en el crecimiento vegetativo del banano

- **Altura de la planta en la floración (cm)**

Estadísticamente en la siguiente Tabla 3 se muestra diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, donde, los tratamientos 3 y 4 comprendidos por la combinación de la bacteria *Bacillus subtilis* más leonardita en diferentes dosis de aplicación generaron mayor altura de plantas en la floración y oscila entre 280,83 centímetros y 283,50 centímetros. Los tratamientos aplicados de forma individual *Bacillus subtilis* y leonardita oscila entre 255,83 centímetros y 262,83 cm. El testigo generó el valor más bajo obtenido. El coeficiente de variación fue 3,30%.

**Tabla 3. Promedio de altura de planta (cm)**

Tratamientos	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	262,83 b
T2: Tierra leonardita (100 kg)	255,83 b
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	280,83 a
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	283,50 a
T5: Testigo	234,67 c
Significancia anova	**
CV%	3,30

Medias con letras iguales no difieren significativamente ( $p>0,05$ )

Esteves, 2024

- **Diámetro del pseudotallo (cm)**

El análisis estadístico del diámetro del pseudotallo indica que existió significancia entre los tratamientos estudiados a base de una bacteria y tierra de leonardita. Se generó mayor promedio con el uso combinado de la *bacteria Bacillus subtilis* más tierra de leonardita con diferente dosis de aplicación y su promedio osciló entre 83,83 centímetros y 88,83 centímetros. Los tratamientos de forma individual evidenciaron promedios inferiores que oscilaron entre 66,83 centímetros y 71,17 centímetros. El testigo fue inferior con 61,17 cm. El coeficiente de variación obtenido fue 6,96.

**Tabla 4. Promedio del diámetro del pseudotallo de banano (cm)**

Tratamientos	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	71,17 b
T2: Tierra leonardita (100 kg)	66,83 bc
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	83,83 a
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	88,83 a
T5: Testigo	61,17 c
Significancia anova	**
CV%	6,96

Medias con letras iguales no difieren significativamente ( $p > 0,05$ )

Esteves, 2024

- **Número de hojas (n)**

Estadísticamente la variable número de hojas muestra diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, donde se consideró al tratamiento 4 comprendido por la bacteria *Bacillus subtilis* más tierra de leonardita el promedio más alto con 16 hojas presentes. Los demás tratamientos oscilaron entre 14 y 15 hojas. Sin embargo, el testigo absoluto produjo 10 hojas promedio. El coeficiente de variación fue 8,05%.

**Tabla 5. Promedio del número de hojas de banano**

Tratamientos	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	14 b
T2: Tierra leonardita (100 kg)	14 b
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	15 ab
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	16 a
T5: Testigo	10 c
Significancia anova	**
CV%	8,05

Medias con letras iguales no difieren significativamente ( $p > 0,05$ )  
Esteves, 2024

**Determinación del efecto combinado de la bacteria fototrófica con leonardita para incrementar la producción del banano reflejado en el peso del racimo y rendimiento kg/ha.**

- **Número de manos (n)**

El análisis estadístico del número de manos indica diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, considerándose al tratamiento 4 comprendido por la bacteria *Bacillus subtilis* más leonardita con las dosis más dosis (3k+200kg) respectivamente generó nueve manos promedio. Mientras la otra combinación con una dosis inferior generó ocho manos promedio. A diferencia de los demás tratamientos que oscilaron entre seis y siete manos. El coeficiente de variación obtenido fue 12,18%.

**Tabla 6. Promedio del número de manos**

Tratamientos	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	7 bc
T2: Tierra leonardita (100 kg)	7 bc
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	8 ab
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	9a
T5: Testigo	6 c
Significancia anova	**
CV%	12,18

Medias con letras iguales no difieren significativamente ( $p > 0,05$ )  
Esteves, 2024

- **Número de dedos (n)**

La comparación estadística del número de dedos muestra diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. Se consideró que, la combinación de la bacteria *Bacillus subtilis* más tierra leonardita con la dosis (3kg+200kg) produjo mayor dedo en el racimo y su promedio fue 49 dedos. Seguido del tratamiento 3 comprendido por dicha combinación con una dosis inferior (2kg+100kg) con 46 dedos. Los demás tratamientos estudiados oscilaron entre 33 dedos y 39 dedos presentes. El coeficiente de variación fue 11,94%.

**Tabla 7. Promedio del número de dedos**

Tratamientos	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	38 bc
T2: Tierra leonardita (100 kg)	39 bc
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	46 ab
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	49 a
T5: Testigo	33 c
Significancia anova	**
CV%	11,94

Medias con letras iguales no difieren significativamente ( $p > 0,05$ )

Esteves, 2024



- **Peso del racimo (kg)**

Estadísticamente el peso del racimo mostró diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, considerándose que, el tratamiento 4 comprendido por la bacteria *Bacillus subtilis* más tierra leonardita generó 56 kg del peso correspondiente. Mientras la misma combinación con una dosis inferior fue 51 kg. Los tratamientos a base de la bacteria y tierra leonardita aplicados de forma individual oscilaron entre 44 y 45 kg promedio. El testigo fue 38 kg y su coeficiente de variación obtenido alcanzó 12,58%.

**Tabla 8. Promedio del peso de racimo de banano**

Tratamientos	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	45 bc
T2: Tierra leonardita (100 kg)	44 bc
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	51 ab
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	56 a
T5: Testigo	38 c
Significancia anova	**
CV%	12,58

Medias con letras iguales no difieren significativamente ( $p>0,05$ )

Esteves, 2024

- **Rendimiento del cultivo (kg/ha)**

La comparación estadística del rendimiento del cultivo (kg/ha) reflejó diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, considerándose que, el tratamiento 4 comprendido por la bacteria *Bacillus subtilis* más tierra leonardita generó 48231,00 kg/ha de rendimiento correspondiente. Mientras la misma combinación con una dosis inferior fue 43696,17 kg/ha. Los tratamientos a base de la bacteria y tierra leonardita aplicados de forma individual oscilaron entre 37836,33 kg/ha y 39374,67 kg/ha. El testigo fue 32815,50 kg/ha y su coeficiente de variación obtenido alcanzó 12,53%.

**Tabla 9. Promedio del rendimiento de banano kg/ha**

Tratamientos	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	39374,67 bc
T2: Tierra leonardita (100 kg)	37836,33 bc
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	43696,17 ab
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	48231,00 a
T5: Testigo	32815,50 c
Significancia anova	**
CV%	12,53

Medias con letras iguales no difieren significativamente ( $p>0,05$ )

Esteves, 2024

## Establecimiento del beneficio costo entre los tratamientos en estudio.

- **Análisis beneficio costo**

El análisis económico manifestó que el uso de la bacteria *Bacillus subtilis* más tierra leonardita generó beneficio económico para los agricultores. El tratamiento 3 y 4 comprendido por la combinación de ambos en diferentes dosis de aplicación detalladamente generó \$12742,79 y \$13357,02 de ingreso bruto. Por ende, el beneficio neto fue alto con \$8942,79 y \$9507,02 y su beneficio costo \$2,35 y \$2,47 respectivamente. Mientras, los demás tratamientos estudiados oscilaron entre \$1,60 correspondiente al testigo absoluto y \$2,15 correspondiente al tratamiento 1 (*Bacillus subtilis*).

**Tabla 10. Datos del análisis económico**

COMPONENTES	T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	T2: Tierra leonardita (100 kg)	T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	T5: Testigo
Rendimiento Kg/ha	39375	37836	43696	48231	32816
Rendimiento Cajas (18,86 kg)	2088	2006	2317	2429	1652
Precio de caja \$	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
Costo fijo (\$)	3500	3500	3500	3500	3500
Costo Variable (\$)	150	150	300	350	0
Costo Total	3650	3650	3800	3850	3500
Ingreso Bruto (\$)	11482,54	11033,92	12742,79	13357,02	9087,88
Beneficio Neto (\$)	7832,54	7383,92	8942,79	9507,02	5587,88
Relación BENEFICIO/COSTO	2,15	2,02	2,35	2,47	1,60

Esteves, 2024

## DISCUSIÓN

Se evaluó el efecto de la bacteria más tierra leonardita en el crecimiento vegetativo del banano, así, los tratamientos 3 y 4 comprendidos por la combinación de la bacteria *Bacillus subtilis* más leonardita en diferentes dosis de aplicación generaron mayor altura de plantas en la floración y oscila entre 280,83 centímetros y 283,50 centímetros, mientras, en diámetro del pseudotallo se generó mayor promedio con los mismos tratamientos y oscilaron entre 83,83 centímetros y 88,83 centímetros. Con respecto al número de manos y dedos se concluyó que, el tratamiento 4 comprendido por la bacteria *Bacillus subtilis* más leonardita con las dosis más dosis (3k+200kg) respectivamente generó nueve manos y 49 dedos promedio.

Además, Ortega et al., mostraron que, con el uso de las bacterias fototrófica el desarrollo de las plántulas mejoró notablemente en el ensayo realizado. Y Suárez (2019) indicó que existió significancia en las variables altura de planta y circunferencia del pseudotallo, mientras la variable número de hojas no presentó diferencias significativas. Dichas menciones concuerdan, Ortega (2022) quien dice que, el uso de bacterias incrementó significativamente el contenido de nitrógeno en las plantas, esto generó mayor desarrollo de plantas.

Por otro lado, Guaito (2019) el uso de fertilizantes orgánicos genera mayor promedio en plántulas con 19,44cm, en lo que respecta a diámetro de pseudotallo sobresalió con el 2,80cm. Mientras, los demás tratamientos obtuvieron menor promedio, en la emisión foliar el T7 obtuvo mayor promedio de hojas con siete promedios. Y Agudelo y Waldo (2021) comparte dicha información con la dosis más alta de biofertilizantes generó mayor promedio sobre las variables evaluadas como altura de planta, diámetro del pseudotallo y número de hojas. Por su parte, Montenegro (2022) bajo el uso de leonardita evidenció significancia entre los tratamientos en estudio y mejoró las variables altura de plantas, circunferencia del tallo y número de hojas presentes en las plantas.

Se determinó el efecto combinado de la bacteria fototrófica con leonardita para incrementar la producción del banano reflejado en el peso del racimo y rendimiento kg/ha, así las variables productivas como peso del racimo produjo que

el tratamiento 4 comprendido por la bacteria *Bacillus subtilis* más tierra leonardita generó 56 kg del peso correspondiente. Mientras la misma combinación con una dosis inferior fue 51 kg. Y en rendimiento 48231,00 kg/ha de rendimiento correspondiente. Mientras la misma combinación con una dosis inferior fue 43696,17 kg/ha.

Así, Hinestroza (2023) identificó a las cepas de *Bacillus subtilis* mejoría en su productividad de banano y recomienda que realicen más estudios a fin de dilucidar el modo de acción biológica de estos compuestos para optimizar tanto el perfil de producción como el rendimiento. Alcoser (2021) generó mayor promedio sobre las variables evaluadas con 13 hojas promedio en su última evaluación con el uso de *Bacillus subtilis*.

Se estableció el beneficio costo entre los tratamientos en estudio, evidenciando al tratamiento 3 y 4 comprendido por la combinación de ambos en diferentes dosis de aplicación detalladamente generó \$12742,79 y \$13357,02 de ingreso bruto. Por ende, el beneficio neto fue alto con \$8942,79 y \$9507,02 y su beneficio costo \$2,35 y \$2,47 respectivamente. Mientras, los demás tratamientos estudiados oscilaron entre \$1,60 correspondiente al testigo absoluto y \$2,15 correspondiente al tratamiento 1 (*Bacillus subtilis*).

Por su lado, Higueta y Restrepo (2019) comenta que *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas sp*, promueve el desarrollo de las plantas al ser aplicado de forma balanceada y con monitoreo constante. Además, de ser fertilizante orgánico reduce la presencia de enfermedades, siendo económicamente rentable para los cultivos.

Por lo antes expuesto se acepta la hipótesis.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES:

- El uso combinado de la bacteria *Bacillus subtilis* con tierra leonardita beneficia el crecimiento vegetativo de la planta de banano, donde alcanza 283,50 cm de altura en el momento de la floración y 88,83 cm del diámetro del pseudotallo.
- El tratamiento 4 comprendido por *Bacillus subtilis* más tierra leonardita (3kg+200kg) generó mayor promedio para las variables productivas del banano con nueve manos y 49 dedos promedio y un peso de racimo de 56 kg del peso con un rendimiento 48231,00 kg/ha.
- El beneficio costo de los tratamientos 3 y 4 generaron mayor valor con \$2,35 y \$2,47 respectivamente. Mientras, los demás tratamientos estudiados oscilaron entre \$1,60 correspondiente al testigo absoluto y \$2,15 correspondiente al tratamiento 1 (*Bacillus subtilis*).

### RECOMENDACIONES:

- Evaluaciones posteriores a las aplicaciones *Bacillus subtilis* y tierra de leonardita, en vista que promueve el desarrollo de la planta.
- Combinación de la bacteria *Bacillus subtilis* y tierra leonardita bajo diferentes dosis de aplicación para obtener mayor peso del racimo, mayor manos y de dedos con sus respectivo grados y tamaño para su comercialización de la fruta.
- Socialización de las bondades que ofrece el uso de la bacteria *Bacillus subtilis* y tierra leonardita, para la utilización en las diferentes.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agudelo, D., & Waldo, A. (2021). *Evaluación de la eficiencia del enraizador Aquaclean Acf-Sr Plus, en la producción de plántulas de plátano (musa paradisiaca l), bajo la metodología de cámara térmica en el distrito de Turbo Antioquia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia : UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/40520>
- Agurto, L., Barreto, L., & Biera, M. (2022). *Aprovechamiento agroindustrial de los residuos de la planta de banano para la obtención de productos biodegradables en la provincia de Sullana*. Universidad de Piura. Perú: UNP. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3882>
- Alcoser, J. (2021). *Uso de Bacillus subtilis para el control de la sigatoka negra (Micosphaerella fijiensis) en el cultivo de banano en el sector de La Troncal - Cañar*. Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <http://201.159.223.180/handle/3317/17198>
- Ancajima, A., & Cortez, H. (2022). *Enfermedades que afectan la agroexportación de banano orgánico (Musa paradisiaca) en el Valle Del Chira, 2021*. Universidad Nacional de la Frontera. Perú: UNF. Obtenido de <http://repositorio.unf.edu.pe/handle/UNF/137>
- Arauz, M. (2021). *Alternativas biológicas y químicas para el manejo de la Sigatoka negra (Mycosphaerella Fijiensis Morelet) del plátano (Musa paradisiaca L.) cv. Curaré Enano en Tonalá, Chinandega 2019*. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria., Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4267/>
- Arévalo, J. (2020). *Supervisión del manejo integrado del moko (ralstonia solanacearum raza 2. smith) en la finca bananera “El Antojo”, Apartadó-Antioquía*. Universidad de Córdoba , Montería. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/3541>
- Arezoo, D., Mohammed, M., Rahmat, O., Salmah, I., & Rosazlin, A. (2020). Potential use of Bacillus genus to control of bananas diseases: Approaches toward high yield production and sustainable management. *Journal of King Saud*

*University - Science*, 32(4), 2336-2342. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S101836472030104X>

Arias, A. (2021). *Medidas de prevención en el manejo de la enfermedad del mal de panamá (Fusarium oxysporum R4T) en el cultivo de banano*. Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos: UTB. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10276>

Asitimbay, C. (2019). *Uso de las alternativas biológicas para el control de Pseudocercospora fijiensis, agente causal de la Sigatoka negra en banano*. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/items/b07ace2b-72fc-441d-99a7-528eb7fbd818>

Avilés, L. (2022). *Uso de ozono para desinfección de suelos en el cultivo de banano (Musa x paradisiaca) en el Ecuador*. Universidad Técnica de Babahoyo . Los Ríos: UTB. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13233>

Benavides, L. (2019). *Cuantificación temprana de Pseudocercospora fijiensis por medio de qpcr en modelos predictivos de Sigatoka negra en plantas de banano (Musa AAA)*. Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10838>

Biojal. (22 de abril de 2019). *Ficha técnica de Leonardita*. Obtenido de Nutriendo tierras: <http://www.biojal.com/assets/files/ft-leonardita.pdf>

Caicedo, O. (2021). *Sustentabilidad de los sistemas de producción de Banano (Musa paradisiaca AAA) en Babahoyo, Ecuador*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú: UNALM. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4868>

Caisa, C. (2021). *Evaluación de la acción de biocontroladores de cepas de Bacillus subtilis y Trichoderma spp e Hidrolato de ciprés frente a la Ralstonia solanacearum en plántulas de Eucalyptus urograndis en la Hacienda San Fernando, propiedad de NOVOPAN del Ecuador S.A*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo . Los Ríos: UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6574>



- Campo, R., Vélez, S., & Barrera, J. (2020). La sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en los cultivos de plátano y banano: una revisión. *Fitopatología Colombiana*, 44(2), 61-66. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Campo-Arana/publication/350671395\\_LA\\_SIGATOKA\\_NEGRA\\_Mycosphaerella\\_fijiensis\\_Morelet\\_EN\\_LOS\\_CULTIVOS\\_DE\\_PLATANO\\_Y\\_BANANO\\_UNA\\_REVISION/links/606ce69d299bf13f5d5f8dd8/LA-SIGATOKA-NEGRA-Mycosphaerella-fijiensis-Mo](https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Campo-Arana/publication/350671395_LA_SIGATOKA_NEGRA_Mycosphaerella_fijiensis_Morelet_EN_LOS_CULTIVOS_DE_PLATANO_Y_BANANO_UNA_REVISION/links/606ce69d299bf13f5d5f8dd8/LA-SIGATOKA-NEGRA-Mycosphaerella-fijiensis-Mo)
- Carrillo, R. (2022). *Principales familias de insectos enemigos naturales de *Opsiphanes tamarindi*, (Lepidoptera – Nymphalidae) Felder, 1861 en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*)*. Universidad Técnica de Babahoyo . Los Ríos: UTB. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13193>
- Castillo, T. (1 de 12 de 2022). Alternativas biológicas y químicas para el manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *Ciencia E Interculturalidad*, 31(2), 13. Obtenido de <https://camjol.info/index.php/RCI/article/view/15188>
- Chávez, R. (2022). *Manejo de la pudrición blanda del pseudotallo (*Dickeya chrysanthemi* Burk.) en el cultivo de banano mediante productos bactericidas y prácticas agronómicas Piura 2021*. Universidad Nacional de Piura. Perú: UNP. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3871>
- Chero, K. (2020). *Control de *Thielaviopsis paradoxa* y *Colletotrichum musae* asociado a la pudrición de la corona del banano y detección de sus fuentes de inóculo*. Universidad Nacional de Piura. Perú: UNP. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2255>
- García, G. (2020). *Acompañamiento y supervisión de labores culturales del cultivo de banano (*Musa AAA*) en la finca velero en apartado – antioquia*. Universidad de Córdoba, Montería. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3174261>
- Gonzabay, P. (2022). *Mezclas físicas: efectos en la producción del cultivo de banano (*musa x paradisiaca*) clon williams título de investigación*. Tesis de

grado, Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18479>

González, E. (2019). *Aplicación de tres aceites vegetales en diferentes etapas fenológicas del cultivo de banano orgánico (Musa sp.), para el control de Diaspis boisduvalii Signoret, Sullana - Piura - 2017*. Universidad Nacional de Tumbes, Perú. Obtenido de <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/1119>

Guaito, D. (2019). *Efectos de ácidos húmicos y fúlvicos en vitroplantas de banano cv Williams en condiciones de vivero*. Universidad Técnica de Babahoyo . Los Ríos: UTB. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5148>

Guerrero, C. (2020). *Efecto de protección del racimo de banano orito (Musa spp.) en dos períodos de enfunde*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo . Los Ríos: UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6012>

Guevara, D. (2022). *Efecto de micorrizas y fósforo en el crecimiento del hijo de banano*. Milagro : UAE.

Gutierrez, M. (2020). *Diversidad genética de bananos y bananitos con microsatélites fluorescentes*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira: UNAL. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78310>

Higuaita, A., & Restrepo, A. (2019). *Desarrollo de un bioinsumo agrícola con base en un consorcio de Bacillus subtilis- Pseudomonas sp*. Proyecto de grado, Universidad EAFIT, Colombia. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/items/8df010b3-9c0c-491c-9d9b-6e42458e7d04>

Hinestroza, Y. (2023). *Evaluación de la producción de lipopéptidos a partir del consorcio de Bacillus amyloliquefaciens y Bacillus subtilis para el control biológico de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) presente en el follaje del banano en la zona del Urabá antioqueño*. Tesis de grado, Universidad de Antioquia, Colombia. Obtenido de <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/33546>

- Li, C., Cheng, P., Zheng, L., Li, Y., Chen, Y., Wen, S., & Yu, G. (2021). Comparative genomics analysis of two banana Fusarium wilt biocontrol endophytes *Bacillus subtilis* R31 and TR21 provides insights into their differences on phytobeneficial trait. *Genomics*, 113, 900-909. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888754321000574>
- Montenegro, D. (2022). *Efecto de la fertilización edáfica enriquecida con micronutrientes en la etapa inicial del cultivo de banano (Musa AAA), Milagro*. Milagro : UAE.
- Morales, J. (2022). *Evaluación de fungicida de triazoles y amina en mezclas en el control de Sigatoka negra (Pseudocercospora fijiensis) en banano (Musa paradisiaca)*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos: UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/f0c85d53-c8c7-424a-8a25-926cf34d8672>
- Neda, E., Kayode, O., Filippo, M., Vito, C., Massimo, T., Obinna, A., & Enrico, M. (2022). Electroactivity of weak electricigen *Bacillus subtilis* biofilms in solution containing deep eutectic solvent components. *Bioelectrochemistry*, 147. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S156753942200158X>
- Núñez, D. (2020). *Producción de pasto (Brachiaria Decumbens) con tres concentraciones de leonardita en diferentes estados de madurez*. Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná: UTC. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6932>
- Optigarden. (26 de abril de 2023). *¿Qué es la leonardita y para qué sirve?* Obtenido de <https://optigarden.es/blog/que-es-leonardita-usos-cultivo/#:~:text=Es%20una%20fuente%20natural%20de,mejorar%20la%20absorci%C3%B3n%20de%20nutrientes>.
- Ortega, R. (2022). *Bacillus cereus* isolates on the growth and nitrogen content in banana (*Musa AAA*). *Agronomía Mesoamericana*, 33(3). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8587665>
- Ortega, R., Torres, P., Segura, R., Echeverría, F., & Uribe, L. (2022). Aislamientos de *Bacillus cereus* sobre el crecimiento y el contenido de. *Agronomía*

- Mesoamericana*, 3(33), 1-21. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v33n3/1659-1321-am-33-03-00005.pdf>
- Paiva, E. (2019). *Colección, montaje e identificación de thrips de la mancha roja (Chaetanaphothrips signipennis) en el cultivo de banano orgánico (Musa paradisiaca) en el valle del Chira*. Universidad Nacional de Piura . Perú: UNP. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1657>
- Patel, B., & Patel, H. (2022). Retting of banana pseudostem fibre using Bacillus strains to get excellent mechanical properties as biomaterial in textile & fiber industry. *Heliyon*, 8(9). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/sdfe/reader/pii/S2405844022019405/pdf>
- Pita, J. (2023). *Efecto de tres alternativas biológicas para el control de Radophulus similis en el cultivo de banano zona Babahoyo*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14824>
- Quimí, C. (2022). *Efecto del distanciamiento de siembra en la productividad del banano Musa acuminata en la finca Musatec, comuna San Rafael, provincia de Santa Elena*. Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena., La Libertad. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8729>
- Quiñonez, M. (2020). *Evaluación de mezcla física: fertilizante químico con enmiendas edáficas en el cultivo de banano (musa x paradisiaca l.)*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16143/1/TTUACA-2020-IA-DE00026.pdf>
- Restrepo, S. (2020). *Efecto de la inoculación bacteriana a nivel radicular sobre el crecimiento y la sanidad de plantas de banano*. Universidad EAFIT, Medellín. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/16995>
- Rodríguez, C. (2020). *Efecto de la aplicación del bioestimulante Nutrisorb® G sobre la respuesta agronómica del cultivo de banano (Musa AAA subgrupo Cavendish cv. Gran Enano), en Parrita, Puntarenas*. Instituto Tecnológico de

- Costa Rica, Puntarena. Obtenido de <https://repositoriosidca.csuca.org/Record/RepoTEC12243>
- Romero, B. (2021). *Establecimiento de una línea tecnológica para la propagación acelerada de Musa paradisiaca*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja, Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24013>
- Rosa, M., Pereira, M., & Mazaro, S. (2020). *Efeito da aplicação de leonardite nas propriedades do solo e na produtividade de alface cultivada em vasos*. Instituto Politecnico de Braganca . Bragança, Portugal: IPB. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/8c1d55979e63c79ab5a40698c951ecb/b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Sánchez, M. (2021). *Ralstonia Solanacearum en el cultivo de plátano en el Ecuador*. Universidad Técnica de Babahoyo . Los Ríos: UTB. Obtenido de *Ralstonia Solanacearum en el cultivo de plátano en el Ecuador*
- Sánchez, S. (2020). *Efecto de la enmienda biocarbon+biol y sio2 en un suelo franco arenoso sobre el desarrollo vegetativo de musa sp*. Universidad Técnica de Machala. El Oro: UTMACH. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16148>
- SENASICA. (2019). GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. Estados Unidos: SAGARPA.
- Simón, F. (2021). Contribución al conocimiento de la problemática fitosanitaria cardinal del cultivo de banano y plátano. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 4089-4114. doi:10.34188/bjaerv4n3-100
- Suárez, C. (2019). *Efecto de hongos micorrízicos Bacillus Spp y fosforo en el desarrollo vegetativo de banano (Musa paradisiaca) variedad Williams en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos: UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3269>
- Tenesaca, S. (2019). *Determinación de la dosis optima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (musa x paradisiaca) clon williams*.

Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15165>

Torres, J., Magnitskiy, S., & Sánchez, J. (2019). Effect of fertilization with N on height, number of leaves, and leaf area in banana (Musa AAA Simmonds, cv. Williams). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(1). Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2011-21732019000100009&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732019000100009&lang=es)

Velez, O. (2021). *Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) en banano, métodos de control y manejo: Revisión de literatura*. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras: Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/items/814f6846-79b1-44f3-a1b2-4bc70a7760e6>

## ANEXOS

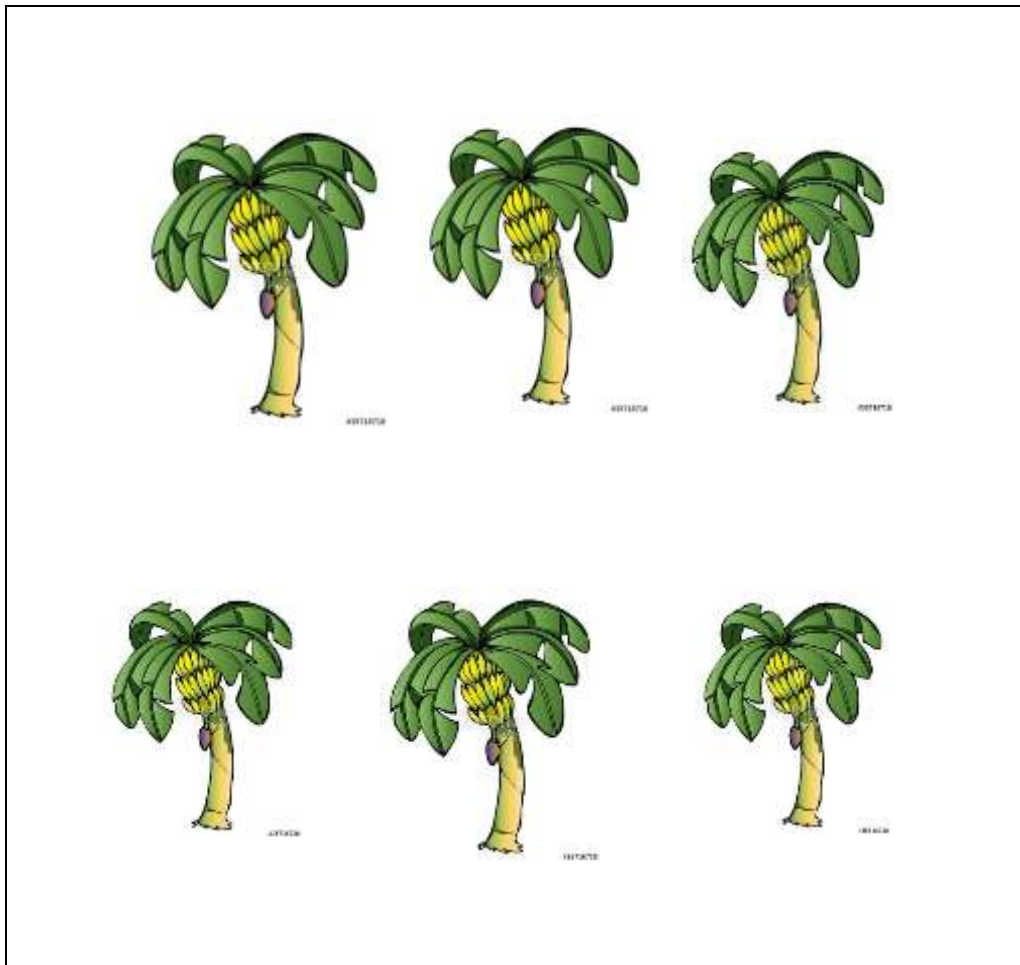


Figura 1. Unidad experimental  
La parcela o unidad experimental estará comprendida por seis plantas  
Elaborado por: Esteves (2024)

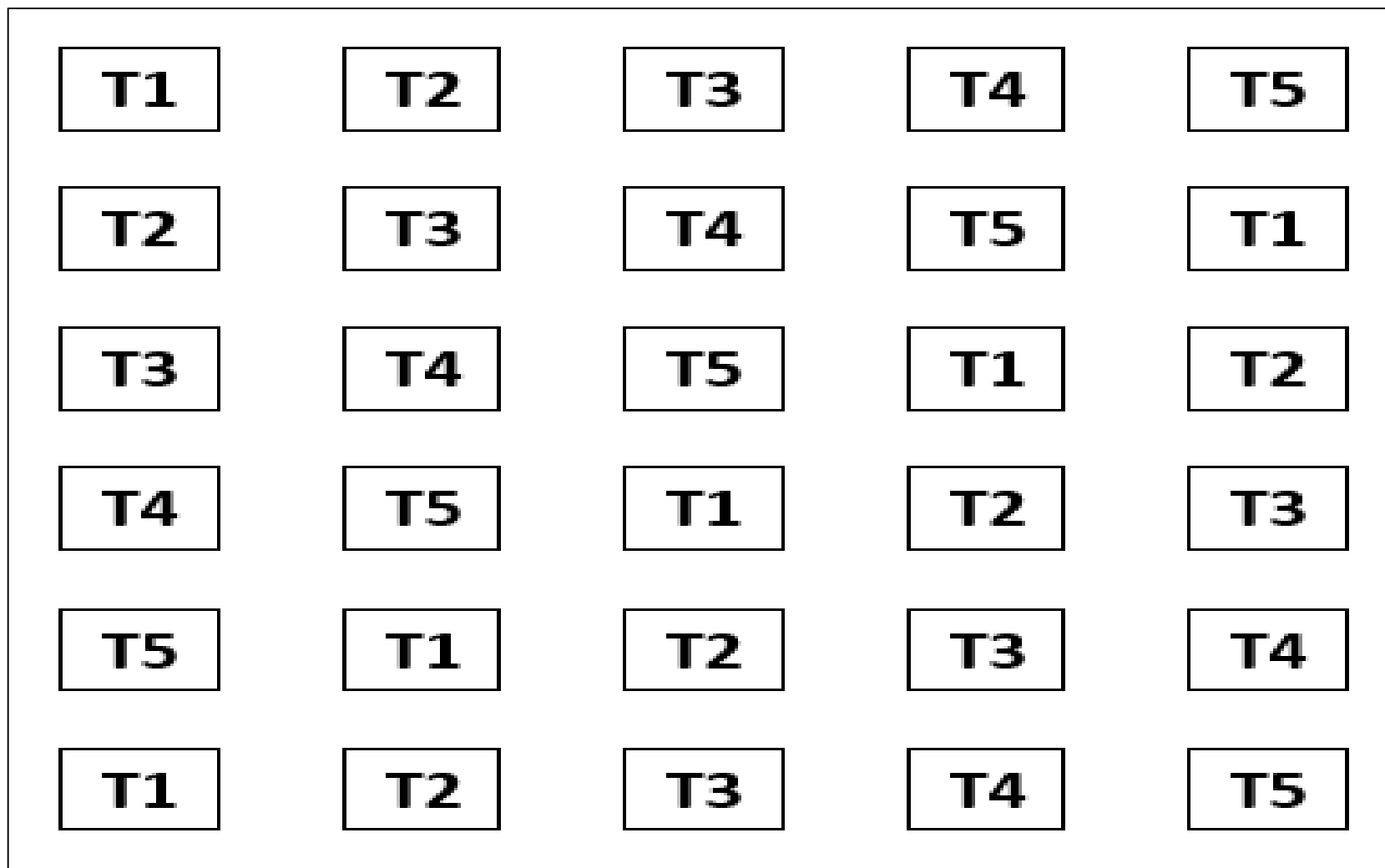


Figura 2. Croquis de campo  
Descripción gráfica de la ubicación de las parcelas a evaluarse  
Elaborado por: Esteves (2024)



**Tabla 11. Datos de campo de la variable Altura de planta**

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	247	274	243	268	278	267	262,83
T2: Tierra leonardita (100 kg)	258	252	249	266	254	256	255,83
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	276	289	277	279	278	286	280,83
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	289	292	277	268	289	286	283,50
T5: Testigo	245	235	229	234	224	241	234,67

Esteves, 2024

**Tabla 12. Análisis estadístico de la variable Altura de planta**

**Altura de planta a la floración**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura de planta a la flor..	30	0,87	0,81	3,30

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10104,40	9	1122,71	14,82	<0,0001
Tratamientos	9546,13	4	2386,53	31,50	<0,0001
Repeticiones	558,27	5	111,65	1,47	0,2424
Error	1515,07	20	75,75		
Total	11619,47	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=15,03683**

Error: 75,7533 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	283,50	6	3,55 A
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	280,83	6	3,55 A
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg..	262,83	6	3,55 B
T2: Tierra leonardita (100..	255,83	6	3,55 B
T5: Testigo	234,67	6	3,55 C

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=17,30258**

Error: 75,7533 gl: 20

Repeticiones	Medias	n	E.E.
2	268,40	5	3,89 A
6	267,20	5	3,89 A
5	264,60	5	3,89 A
4	263,00	5	3,89 A
1	263,00	5	3,89 A
3	255,00	5	3,89 A

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

Esteves, 2024

**Tabla 13. Datos de campo de la variable diámetro del pseudotallo**

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	78	69	72	77	64	67	71,17
T2: Tierra leonardita (100 kg)	73	66	71	67	59	65	66,83
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	82	71	94	93	76	87	83,83
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	89	87	88	87	90	92	88,83
T5: Testigo	67	57	53	68	59	63	61,17

Esteves, 2024

**Tabla 14. Análisis estadístico de la variable diámetro del pseudotallo**  
**Diámetro del pseudotallo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Diámetro del pseudotallo	30	0,87	0,81	6,96	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3598,57	9	399,84	14,91	<0,0001
Tratamientos	3240,80	4	810,20	30,21	<0,0001
Repeticiones	357,77	5	71,55	2,67	0,0527
Error	536,40	20	26,82		
Total	4134,97	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8,94715**

Error: 26,8200 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	88,83	6	2,11 A
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	83,83	6	2,11 A
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg..	71,17	6	2,11 B
T2: Tierra leonardita (100..	66,83	6	2,11 B C
T5: Testigo	61,17	6	2,11 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,29531**

Error: 26,8200 gl: 20

Repeticiones	Medias	n	E.E.
4	78,40	5	2,32 A
1	77,80	5	2,32 A
3	75,60	5	2,32 A
6	74,80	5	2,32 A
2	70,00	5	2,32 A
5	69,60	5	2,32 A

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

Esteves, 2024

**Tabla 15. Datos de campo de la variable número de hojas a la cosecha**

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	13	14	12	14	15	14	14
T2: Tierra leonardita (100 kg)	15	14	14	15	13	14	14
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	16	13	16	15	14	17	15
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	16	15	15	17	16	15	16
T5: Testigo	10	8	12	11	9	10	10

Esteves, 2024

**Tabla 16. Análisis estadístico de la variable número de hojas a la cosecha**  
**Número de hojas a la cosecha**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Número de hojas a la cosec..	30	0,84	0,77	8,05	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	127,40	9	14,16	11,57	<0,0001
Tratamientos	119,53	4	29,88	24,43	<0,0001
Repeticiones	7,87	5	1,57	1,29	0,3089
Error	24,47	20	1,22		
Total	151,87	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,91085**

Error: 1,2233 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	15,67	6	0,45 A
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	15,17	6	0,45 A B
T2: Tierra leonardita (100..	14,17	6	0,45 A B
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg..	13,67	6	0,45 B
T5: Testigo	10,00	6	0,45 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,19878**

Error: 1,2233 gl: 20

Repeticiones	Medias	n	E.E.
4	14,40	5	0,49 A
6	14,00	5	0,49 A
1	14,00	5	0,49 A
3	13,80	5	0,49 A
5	13,40	5	0,49 A
2	12,80	5	0,49 A

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

Esteves, 2024

**Tabla 17. Datos de campo de la variable número de manos**

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	8	7	8	8	7	6	7
T2: Tierra leonardita (100 kg)	7	7	6	8	8	7	7
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	8	7	7	9	10	9	8
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	9	10	8	8	9	10	9
T5: Testigo	6	5	7	7	6	6	6

Esteves, 2024

**Tabla 18. Análisis estadístico de la variable número de manos**

Número de manos

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de manos	30	0,65	0,50	12,18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,07	9	3,56	4,16	0,0038
Tratamientos	28,87	4	7,22	8,42	0,0004
Repeticiones	3,20	5	0,64	0,75	0,5977
Error	17,13	20	0,86		
Total	49,20	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,59905**

Error: 0,8567 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	9,00	6	0,38 A
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	8,33	6	0,38 A B
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg..	7,33	6	0,38 B C
T2: Tierra leonardita (100..	7,17	6	0,38 B C
T5: Testigo	6,17	6	0,38 C

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

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,83999**

Error: 0,8567 gl: 20

Repeticiones	Medias	n	E.E.
4	8,00	5	0,41 A
5	8,00	5	0,41 A
6	7,60	5	0,41 A
1	7,60	5	0,41 A
3	7,20	5	0,41 A
2	7,20	5	0,41 A

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

Esteves, 2024

**Tabla 19. Datos de campo de la variable número de dedos**

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	40	35	40	42	36	36	38
T2: Tierra leonardita (100 kg)	35	35	30	48	42	42	39
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	40	35	35	60	54	54	46
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	45	50	40	54	49	54	49
T5: Testigo	30	25	35	36	36	36	33

Esteves, 2024

**Tabla 20. Análisis estadístico de la variable número de dedos****Número de dedos**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de dedos	30	0,77	0,67	11,94

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1614,70	9	179,41	7,50	0,0001
Tratamientos	988,13	4	247,03	10,33	0,0001
Repeticiones	626,57	5	125,31	5,24	0,0031
Error	478,27	20	23,91		
Total	2092,97	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8,44842**

Error: 23,9133 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	48,67	6	2,00 A
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	46,33	6	2,00 A B
T2: Tierra leonardita (100..	38,67	6	2,00 B C
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg..	38,17	6	2,00 B C
T5: Testigo	33,00	6	2,00 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,72143**

Error: 23,9133 gl: 20

Repeticiones	Medias	n	E.E.
4	48,00	5	2,19 A
6	44,40	5	2,19 A B
5	43,40	5	2,19 A B
1	38,00	5	2,19 B
3	36,00	5	2,19 B
2	36,00	5	2,19 B

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

Esteves, 2024

**Tabla 21. Datos de campo de la variable peso del racimo (kg)**

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	56	49	56	40	35	36	45
T2: Tierra leonardita (100 kg)	49	49	42	40	40	42	44
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	56	49	49	45	50	54	51
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	63	70	56	40	45	60	56
T5: Testigo	42	35	49	35	30	36	38

Esteves, 2024

**Tabla 22. Análisis estadístico de la variable peso del racimo (kg)****Peso del racimo**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso del racimo	30	0,74	0,62	12,58

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1909,67	9	212,19	6,17	0,0004
Tratamientos	1106,87	4	276,72	8,05	0,0005
Repeticiones	802,80	5	160,56	4,67	0,0055
Error	687,53	20	34,38		
Total	2597,20	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,12948**

Error: 34,3767 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	55,67	6	2,39 A
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	50,50	6	2,39 A B
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg..	45,33	6	2,39 B C
T2: Tierra leonardita (100..	43,67	6	2,39 B C
T5: Testigo	37,83	6	2,39 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,65579**

Error: 34,3767 gl: 20

Repeticiones	Medias	n	E.E.
1	53,20	5	2,62 A
3	50,40	5	2,62 A B
2	50,40	5	2,62 A B
6	45,60	5	2,62 A B
5	40,00	5	2,62 B
4	40,00	5	2,62 B

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

Esteves, 2024

**Tabla 23. Datos de campo de la variable rendimiento (kg/ha)**

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	Promedios
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg)	49224	43071	49224	35160	29365	30204	39374,67
T2: Tierra leonardita (100 kg)	43071	43071	36918	35160	33560	35238	37836,33
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (2kg+100kg)	49224	43071	43071	39555	41950	45306	43696,17
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Leonardita (3kg+200kg)	55377	61530	49224	35160	37755	50340	48231,00
T5: Testigo	36918	30765	43071	30765	25170	30204	32815,50

Esteves, 2024

**Tabla 24. Análisis estadístico de la variable rendimiento (kg/ha)****Rendimiento kg/ha**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento kg/ha	30	0,75	0,64	12,53

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1572819712,33	9	174757745,81	6,82	0,0002
Tratamientos	824023090,87	4	206005772,72	8,04	0,0005
Repeticiones	748796621,47	5	149759324,29	5,84	0,0017
Error	512568175,53	20	25628408,78		
Total	2085387887,87	29			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8746,13441**

Error: 25628408,7767 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	48231,00	6	2066,74 A
T3: <i>Bacillus subtilis</i> + Le..	43696,17	6	2066,74 A B
T1: <i>Bacillus subtilis</i> (2kg..	39374,67	6	2066,74 B C
T2: Tierra leonardita (100..	37836,33	6	2066,74 B C
T5: Testigo	32815,50	6	2066,74 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10064,00172**

Error: 25628408,7767 gl: 20

Repeticiones	Medias	n	E.E.
1	46762,80	5	2264,00 A
3	44301,60	5	2264,00 A B
2	44301,60	5	2264,00 A B
6	38258,40	5	2264,00 A B C
4	35160,00	5	2264,00 B C
5	33560,00	5	2264,00 C

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

Esteves, 2024



Figura 3. Inicio del ensayo experimental  
Esteves, 2024



Figura 4. Selección de plantas a evaluarse  
Esteves, 2024





Figura 5. Aplicación de tratamientos  
Esteves, 2024



Figura 6. Aplicación de tierra leonardita  
Esteves, 2024



Figura 7. Toma de datos del diámetro del pseudotallo Esteves, 2024



Figura 8. Toma de datos numero de hojas Esteves, 2024



Figura 9. Toma de datos peso de racimo  
Esteves, 2024



Figura 10. Visita de campo con tutor guía  
Esteves, 2024



Figura 11. Visita de campo con tutor guía Esteves, 2024



Figura 12. Productos evaluados Esteves, 2024