Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Agricultura

“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LAS PLANTULAS DE PLATANO VARIEDAD CEMSA ¾ OBTENIDAS DE LA SIEMBRA EN BOLSAS EN VIVERO CASA SOMBRA EN LA COMARCA LA BOLSA, FAE-UNI 2024”.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Nelary Veroska Romero Vanega
Carnet: 2020-0415U

Br. Andrés de Jesús Hernández Rojas
Carnet: 2020-0286U

Tutor:

MSc. Cándido Leoncio Vanegas Carrero

14 de agosto de 2026
Managua, Nicaragua

Dedicatoria

Dedico este trabajo monográfico primeramente a Dios y mi Madre Virgen Santísima que me permitieron conllevar cada desafío y proceso de camino en mi carrera universitaria. Por darme la sabiduría, decisiones correctas y la fortaleza para sobre llevar cada una de las situaciones y lograr cada uno de mis objetivos.

También a mi madre quien ha sido un pilar fundamental que siempre ha estado conmigo, y me ha brindado su apoyo incondicional, esforzándose siempre y que gracias a ella estoy donde estoy cumpliendo una meta en la cual ella me demostró que cada meta soñada es posible alcanzarlo con la fe del Señor y las buenas decisiones que uno debe de tomar en la vida.

Quiero agradecer a mis docentes que me educaron y me enseñaron la importancia del conocimiento, el esfuerzo y la estrategia de poder conseguir las cosas por más difícil que fueran, tanto a mis profesores de secundaria, a mis docentes actuales que siempre estuvieron presente, ayudándome con consejo y la paciencia para enseñarme de manera clara de salir siempre adelante.

A mis queridos amigos, por ser la familia que elegí en este trayecto, por cada risa, cada noche de estudio, por celebrar conmigo cada logro. Y tener tiempos buenos como en los más difíciles, son amigos que marcaron mi vida y que a futuro le deseo lo mejor y volvernos a ver como profesionales.

Aunque tu ausencia forjó un camino sin guía de una figura paterna, hoy reconozco en ella una forma distinta de enseñanza, con tu ejemplo fue marcando por una larga y distante historia, que me enseñaste de no seguir tus pasos. Gracias por mostrarme el camino que debo evitar y apreciar la valentía que mi madre mostro con nosotros.

Y por último a mi abuelo Denis Hernández que de pequeño le prometí ser ingeniero en mi vida y aunque el ya no este conmigo en este mundo sé que él me está observando cada paso de mi camino que he tenido y sé que el estaría orgulloso de mi por cada logro que he podido alcanzar y el esfuerzo que he dado conmigo mismo para haber llegado donde estoy hoy en día.

Andrés de Jesús Hernández Rojas

Dedicatoria

Con gratitud profunda, dedico este logro a Dios y a la Virgen, por ser luz constante en mi camino, fortalecerme en momentos de debilidad y conceder los medios que hicieran todo posible.

A mis padres, mis tíos, mi hermano, mi sobrino y mi familia en general, por su apoyo incondicional, su paciencia y por creer. Gracias por acompañarme en cada paso y hacer suyo cada uno de mis sueños.

Con el más profundo amor, dedico este trabajo a mi abuela, María Auxiliadora Gómez Martínez (Q.E.P.D.), quien fue mi refugio, mi guía y mi mayor ejemplo de amor incondicional. Durante incontables noches permaneció a mi lado, compartiendo mis desvelos y animándome cuando el cansancio parecía vencerme. Su confianza en mí fue el impulso que necesitaba para seguir adelante y su recuerdo continúa acompañándome en cada nuevo desafío.

Nelary Veroska Romero Vanega

Agradecimiento

Al finalizar este proyecto monográfico, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por llenarme de la sabiduría necesaria y por guiarme durante cada etapa crucial de mi carrera profesional. Reconocer a las personas que tuvieron y se fueron en cada camino que tuve en mi crecimiento personal.

A mi madre un gran agradecimiento ya que fue la persona que con su infinita fortaleza me enseño el verdadero significado de la palabra imparable, a quien ella se convirtió en mi universo una figura de madre y padre a la vez. Gracias por cada sacrificio que dio, por el plato de comida en la mesa y por asegurar de que nunca nos faltara nada esencial en nuestra vida.

Tu ejemplo me forzó a soñar sin límites y de no rendirme nunca a pesar de las adversidades, ha sido el motor que me impulsa siempre terminar mis objetivos y cumplir cada desafió. Sin más que decir todo lo que soy y todo lo que he logrado es gracias a ti madre y a Dios por darte un corazón grande y la bendición de ser una madre amorosa y con una gran valentía de nunca rendirse.

Agradezco a mis amistades más cercanos y no cercanos que siempre estuvieron conmigo para darme ánimo de esforzarme y a no tener miedo a nada, mostrándome que siempre hay estrategia en salir adelante. Agradezco bastante a personas que hoy en día los considero como una familia, hermanos de otras madres, mis compañeros que al finalizar mi carrera se quedaron conmigo y los aprecio bastante a mi compañera y compañero Nelary Romero y Orlando Arguello, de que ellos siempre fueron mi alegría, mis dolores de cabezas, momentos de reuniones alegres, las locuras que con ellos he vivido es algo que no olvidare nunca.

Agradezco el apoyo de docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería, en cuales dieron su tiempo para aclarar mis ideas, y forzar mis conocimientos quitarme mis dudas y lograr superar los límites de cada proyecto, aprendiendo cada cosa nueva y siempre todo tomando correctas decisiones.

Andrés de Jesús Hernández Rojas

Agradecimientos

Agradezco a mi familia, especialmente a mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y su apoyo constante a lo largo de cada etapa de mi vida.

Dedico un agradecimiento muy especial a mi querida abuela, María Auxiliadora (Q.E.P.D.), quien fue consejera, guía y ejemplo de fortaleza. Gracias por ser un motor de resiliencia a lo largo de mi vida, por cada palabra de aliento y por la fe que depositaste en quien un día fue una niña necia, pero llena de sueños. Aunque hoy no estés físicamente presente, tu amor, enseñanzas y legado continúan acompañándome.

A todos los docentes que marcaron mi desarrollo académico desde la educación preescolar, primaria, secundaria y universitaria. Cada uno de ustedes ocupa un lugar especial en la vida de sus estudiantes, pues contribuyen no solo a la transmisión de conocimientos, sino también a la formación de valores, principios y aspiraciones que nos acompañan para siempre.

Expreso mi más sincero agradecimiento a nuestro tutor, por su orientación. Asimismo, agradezco al MSc. Ing. Omri López por su asesoría y constante disposición. Su vocación por la educación ha contribuido a la formación de profesionales íntegros.

A mi compañero de tesis Andrés Hernández, por el esfuerzo, la responsabilidad y la constancia que compartimos durante este proceso. Gracias por afrontar juntos los retos y desafíos que implicó esta investigación, demostrando que el trabajo en equipo es fundamental para alcanzar grandes objetivos.

A mis amigos, por su apoyo, comprensión y palabras de ánimo en los momentos más exigentes de esta etapa. Su compañía hizo que este camino fuera más llevadero y enriquecedor.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a mi formación y al desarrollo de esta investigación. Cada experiencia, enseñanza y muestra de confianza han sido fundamentales para convertirme en la profesional de hoy.

A todos ustedes, mi más profunda gratitud.

Nelary Veroska Romero Vanega

Índice

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 3

III. JUSTIFICACIÓN 5

IV. OBJETIVOS 6

4.1. Objetivo general 6

4.2. Objetivos específicos 6

V. MARCO TEÓRICO 7

5.1. Producción de plántulas de plátano en invernadero 7

5.1.1. Invernadero 7

5.1.2. Manejo del clima en el invernadero Musa paradisiaca 7

5.1.3. Beneficios específicos para el cultivo de plátano 8

5.1.4. Establecimiento de invernadero casa malla 9

5.1.5. Malla Sarán 70% de sombra 10

5.2. Generalidades del cultivo 10

5.2.1. Origen de las musáceas 11

5.2.2. Importancia del cultivo de plátano en Nicaragua 12

5.2.3. Taxonomía 12

5.2.4. Morfología 13

5.2.5. Requerimientos edafoclimáticos 14

5.2.6. Enfermedades y afectaciones al cultivo del plátano 15
5.2.7. Exportaciones del cultivo de plátano. 17
5.3. Variables 18
5.3.1. Variables de desarrollo 18
5.3.2. Variables de Cosecha 19
5.4. Producción y calidad 25
5.4.1. Métodos de siembra 25
5.4.2. Diseño de siembra 26
5.5. Factores ambientales del cultivo del plátano. 27
5.5.1. Temperatura 27
5.5.2. Luminosidad 27
5.5.3. Importancia de la radiación solar en el plátano. 27
5.5.4. Suelo 28
5.5.5. Densidad de siembra 29
5.6. Ventajas y desventajas de los métodos de siembra 29
VI. HIPÓTESIS 31
6.1. Hipótesis de la investigación (Hi) 31
6.2. Hipótesis alternativa (Ha) 31
6.3. Hipótesis nula (H0) 31
VII. DISEÑO METODOLÓGICO 31

7.1. Diseño de la investigación 31
7.1.1. Tipo de investigación 31
7.1.2. Alcance de investigación 32
7.1.3. Enfoque de investigación 32
7.2. Descripción del área de estudio 33
7.2.1. Macro localización 33
7.2.2. Micro localización 34
7.3. Producción de plántulas de plátano 35
7.4. Población y Muestra 35
7.4.1. Población 35
7.4.2. Unidad experimental y muestra 36
7.4.3. Tamaño de muestra 36
7.5. Preparación de materiales y sitio 37
7.5.1. Estructura y microclima controlado 37
7.5.2. Riego 37
7.5.3. Preparación del sustrato 37
7.5.4. Bolsas de polietileno 38
7.5.5. Desinfección de la semilla o cormo 38
7.5.6. Llenado de bolsas 39
7.5.7. Trasplante 40

7.6. Variables 40
7.6.1. Variables de desarrollo 41
7.6.2. Variables de cosecha 42
7.7. Instrumentos utilizados 43
7.8. Rendimiento en la producción 44
7.8.1. Comparación económica 46
7.9. Análisis de comparación de ingresos por ambos métodos de siembra 46
7.9.1. Clasificación por calidad comercial 46
7.9.2. Cálculo de valor por categoría (Total C$) 47
7.9.3. Determinación del ingreso total por planta 48
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 49
8.1. Producción de plántulas de plátano 49
8.1.1. En bolsas en casa malla 49
8.1.2. Descripción de la variedad CEMSA ¾ 50
8.1.3. Estudios edafológicos 52
8.1.4. Población y selección de muestra (unidad de análisis). 53
8.2. Las variables de desarrollo fenológico del cultivo de plátano. 53
8.2.1. Datos de desarrollo vegetal 55
8.2.2. Datos en producción de hojas 64
8.2.3. Datos del periodo de floración 66

8.2.4. Población y selección de muestra (unidad de análisis) 68

8.3. Comparativo de producción y calidad final de los métodos de siembra. 69

8.3.1. Producción por área. 71

8.3.2. Calidad del producto final. 73

8.4. Comparación estadística y económica de cosecha del cultivo. 76

8.4.1. Análisis estadístico de cosecha. 76

8.4.2. Datos de cosecha 77

8.4.3. Análisis económico de la cosecha 81

8.5. Comprobación de hipótesis 88

IX. Conclusión 90

X. Recomendaciones 92

VII. Bibliografía 94

XI. Anexos i

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Rendimiento productivo..... 21

Ecuación 2 Número de planta por surco..... 21

Ecuación 3 Número total de plantas..... 21

Ecuación 4 Número de plantas muestreadas..... 22

Ecuación 5 Frutos por planta..... 22

Ecuación 6 Peso total por planta..... 23

Ecuación 7 Rendimiento total..... 23

Ecuación 8 Rendimiento kg/m2..... 23

Ecuación 9 Rendimiento kg/ha..... 24

Ecuación 10 Rendimiento ton/ha..... 24

Ecuación 11 Cálculo de valor por categoría..... 47

Ecuación 12 Ingreso total por planta..... 48

Índice de tablas

Tabla 1 Variables de desarrollo..... 41

Tabla 2 Variables de cosecha..... 42

Tabla 3 Instrumentos..... 43

Tabla 4 Estudios edafológicos..... 52

Tabla 5 Monitoreo #1 desarrollo de tallos..... 55

Tabla 6 Monitoreo #2 desarrollo de tallos..... 58

Tabla 7 Monitoreo #3 desarrollo de tallos..... 60

Tabla 8 Monitoreo #4 desarrollo de tallos..... 62

Tabla 9 Producción de hojas..... 64

Tabla 10 Período de floración 66

Tabla 11 Marco de siembra 68

Tabla 12 Tabla comparativa de desarrollo, producción y rendimiento 69

Tabla 13: Comparación de rendimiento productivo. 73

Tabla 14 Datos de cosecha por racimos 77

Tabla 15 Datos de cosecha por unidad de cuerno 79

Tabla 16 Tabla de costos operativos siembra directa 81

Tabla 17 Tabla de costos operativos siembra casa sombra 82

Tabla 18 Ingresos venta de cosecha en siembra directa 84

Tabla 19 Ingreso venta de cosecha en siembra casa sombra 85

Tabla 20 Diferencia de ingresos en ambos métodos de siembra 86

Tabla 21 Análisis económico 87

Índice de figuras

Figura 1 Macro localización del Área de estudio 33

Figura 2 Micro localización del Área de estudio 34

Figura 3 Requerimientos edáficos para la variedad CEMSA ¾ 51

Figura 4 Observación de variables de desarrollo 54

Figura 5 Monitoreo #1 desarrollo de tallos 57

Figura 6 Monitoreo #2 desarrollo de tallos 59

Figura 7 Monitoreo #3 desarrollo de tallos 61

Figura 8 Monitoreo #4 desarrollo de tallos 63

Figura 9 Datos de variable de desarrollo, producción de hojas. 65

Figura 10 Datos de floración 67

Figura 11 Comparación cualitativa cosecha 74

Figura 12 Comparación cualitativa cosecha 75

Figura 13 Datos de cosecha por racimos 78

Figura 14 Datos de cosecha por unidad de cuerno 80

I. INTRODUCCIÓN

El plátano se originó en Asia Meridional y se conoce en el mediterráneo desde el año 650 ac, cuando la especie llego a las Islas Canarias en el siglo XV; desde ahí fue llevado a América en el año 1516 (Infoagro.com, 2025).

El cultivo de las Musáceas en Nicaragua ha presentado características importantes a nivel social, desde la época de los 50 con el auge del banano, en el país se posee diferentes áreas que ofrecen condiciones que van desde las adecuadas hasta las óptimas para la siembra, con altas posibilidades de rentabilidad económica o de seguridad alimentaria, entre estas zonas se plantean: Granada, Rivas, Carazo, Managua, León, Chinandega, Matagalpa y entre otros departamentos del país conocida como la cadena Agroindustrial del Plátano (IICA, 2004).

La obtención de plántulas de calidad es un factor clave que garantiza altos rendimientos y una mayor producción, la implementación de nuevas técnicas, como el uso de casa sombra ha sido uno de los aspectos tomado en cuenta en estudios realizados y busca presentar un panorama general para la buena producción (Coto, 2009).

La propagación vegetativa, especialmente a través de la siembra de cormos en bolsas, es una técnica ampliamente utilizada. Sin embargo, es necesario evaluar su eficiencia en comparación con la siembra directa en campo, es decir mejorar la calidad del material de siembra garantizando las plantas sanas y vigorosas, lo que se traduce en mayores rendimientos y mejor calidad de los frutos.

Es por esto por lo que se desarrolla esta investigación donde se estudia el desarrollo del cultivo de plátano evaluando dos métodos de siembra, siembra tradicional y siembra por casa sombra, determinando variables de desarrollo y de cosecha que, por medio de la observación, la toma de datos y análisis estadístico nos conlleve al método más viable para el productor.

II. ANTECEDENTES

La perspectiva de crecimiento de la producción de plátano en Nicaragua está sujeta a varios factores.

Suárez (2016). Analizó a través de su trabajo de graduación, sobre el comportamiento agronómico del plátano (Musa paradisiaca L.) cv. CEMSA ¾ mediante la selección de cormos en base a rendimiento en Potosí, Rivas (2014-2015), en la finca San Antonio, en cual se evaluó en garantizar mayor rendimiento de frutos, mejorando la calidad del plátano, concluyendo que las variables de crecimiento y desarrollo como: altura, grosor del pseudotallo, hojas totales, altura del hijo a sucesión y hojas funcionales al momento de la floración fueron mayores en las plantas de cormos seleccionados, no así las hojas funcionales a cosecha en las cuales no se encontraron diferencias. Las plantas testigo fueron más precoces en la floración y en la cosecha que las plantas de cormos seleccionados, en cuanto al número de manos y número de dedos por racimos fue mayor en plantas de cormos seleccionados, en longitud y el grosor del dedo central de la segunda mano fueron superior en las plantas testigo.

Mayorga (2020). Describió en su documento de Seminario de Graduación la Innovación Tecnológica y Sistemas de Producción de Musáceas, Plátano, una Alternativa Productiva Para Mejorar Los Rendimientos de Las Explotaciones Agropecuarias, comunidad El Nancital, Tipitapa 2016-2019. El cual es analizar la tecnología de plántulas in vitro para aumentar los rendimientos de cosecha de plátano, y para poder concluir en este documento se hace referencia al logro de los específicos planteados, deduciendo el proceso de sistematización es aplicable a esta experiencia con la producción de áreas

de cultivo de plátano con plántulas in vitro. Así mismo, con el objetivo general en el análisis del sistema de producción in vitro se encontró que si se aumentan los rendimientos de producción en campo al momento de la cosecha, que es para productores con toma de decisión riesgosa y de ingresos considerables átonos de los costos de establecimiento y que se puede sistematizar la experiencia para mejorarla y adoptar la tecnología.

En las instalaciones de la FAE-UNI solamente se encuentran registros bibliográficos que tratan de diseños de sistemas de riego para producción de plátano a nivel comercial, como lo muestra los estudios de García Ashley et al., (2023) y Araúz Lía et al., (2022); con respecto al tipo de investigación de Evaluación de rendimiento productivo es la primera desarrollada con el uso del invernadero casa sombra dentro de las instalaciones de la finca agrícola experimental, FAE- UNI.

III. JUSTIFICACIÓN

La producción del cultivo del plátano es de mucha importancia para el país, sin embargo, este es afectado por problemas fitosanitario y el uso de semillas de mala calidad; lo cual ha ocasionado baja en los rendimientos de hasta un 70% (APEN, 2008). Otro de los inconvenientes de la propagación por métodos convencionales es que favorece la diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades que reducen significativamente la producción y rentabilidad del cultivo. (Aguilar Maradiada, Reyes Castro, & Acuña Perez, 2004)

Es por esto que la investigación surge de la necesidad de validar tecnológicamente la fase de propagación inicial del plátano bajo sistemas de ambiente controlado (casa sombra) en comparación con el método tradicional de siembra directa. Este estudio está diseñado para proporcionar una herramienta de decisión basada en datos a los pequeños y medianos productores de la zona del Pacífico de Nicaragua, quienes enfrentan retos constantes en cuanto a rendimientos y calidad de la producción.

La información obtenida tiene una utilidad práctica inmediata para mejorar la competitividad exportadora del país. Los beneficios se expresan como: Vigor vegetativo, estandarización, calidad y rentabilidad económica.

Esta investigación marca un hito institucional al ser la primera desarrollada con tecnología de invernadero casa sombra en la Finca Agrícola Experimental FAE-UNI. Cubre el vacío de información técnica local sobre la respuesta fenológica de la variedad CEMSA 3/4 bajo microclimas controlados, proporcionando datos actualizados sobre la precocidad del ciclo y la uniformidad del desarrollo vegetal.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Evaluar el rendimiento productivo de las plántulas de plátano variedad CEMSA 3/4 obtenidas de la siembra en bolsas en el vivero de la casa sombra en la comarca La Bolsa FAE-UNI, Masaya, 2024.

4.2. Objetivos específicos

- Establecer la producción de plántulas de plátano en bolsas, utilizando el recurso de la casa malla en la primera etapa de crecimiento.
- Monitorear de manera sistemática las variables de desarrollo establecidas en el periodo del crecimiento fenológico del cultivo de plátano.
- Determinar si la implementación del método de siembra realizada en bolsa dentro de una casa sombra conlleva a un aumento en la producción por área producida y en la calidad del producto final, comparado con el método de siembra tradicional.
- Realizar una comparación estadística y económica de los resultados de las variables de cosecha obtenidas del establecimiento del cultivo.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Producción de plántulas de plátano en invernadero

5.1.1. Invernadero

Es de gran importancia para la agricultura moderna y sostenible, en muchos países en su desarrollo de la humanidad, a que interviene en gran parte de los factores de la vida diaria, ha evolucionado para buscar cada vez más beneficios tanto para los productores como para los consumidores y el medio ambiente, esto representa en superar las limitaciones impuestas por los factores climático u otros inconvenientes de desarrollo al cultivo. (Agropinos, 2022).

5.1.2. Manejo del clima en el invernadero Musa paradisiaca

El manejo adecuado del cultivo de plátano musa paradisiaca, específicamente la variedad CEMSA ¾, requiere una combinación de buenas prácticas agrícola, es decir que optimicen su crecimiento, producción y rentabilidad. Llevando un manejo riguroso en la necesidad del cultivo.

El factor regulador del desarrollo del cultivo, se puede considerar condiciones óptimas en rangos de 20 a 30 °C de temperatura, ventilación esencial en la calidad y prevenir enfermedades fúngicas y bacterianas, riego adecuado para mantener la humedad del suelo evitando encharcamientos que puedan favorecer enfermedades. En zonas con alta radicación solar, puede ser necesario aplicar sombra para evitar calor excesivo y proteger las hojas. (Restrepo, 2012).

Mantener una humedad relativa adecuada para el crecimiento de 75% a 85% y utilizando sistema de nebulización, el control de luz que necesita para fotosintetizar,

teniendo prevención de barrera física natural contra muchas plagas de insectos vectores, es decir al eliminar las limitaciones climáticas y ambientales, resultan en un crecimiento más uniforme de las plantas.

Al mantener las condiciones ayuda en situaciones de acortar el ciclo fenológico es decir una floración y cosecha más tempranas. Donde se considera usar malla sarán 70% de sombra, disminuyendo la radiación solar y regulación de la temperatura, ayuda también a conservar la humedad del suelo. Lo que es especialmente útil al cultivo ya que requiere alta humedad. (Blird, 2023).

Es importante realizar un seguimiento constante de las condiciones climáticas dentro del invernadero para garantizar los ajustes necesario en el manejo así el aseguramiento del éxito del cultivo, utilizando sistemas de automatización para las variables del clima.

5.1.3. Beneficios específicos para el cultivo de plátano

Se considera elemento de gran importancia en el sector agrícola, obteniendo ventajas que representa el crecimiento de cada planta cultivada. Porque existe cierto aislamiento con el exterior, y realizando estudio tras mucho tiempo minimizando el daño que puedan sufrir debido a la aleatoriedad de los fenómenos naturales en campo abierto. (Berger, 2025).

Regulación de temperatura: Reduce la temperatura del suelo y el ambiente, lo que es crucial para el cultivo de plátano, en clima cálido, esto ayuda a prevenir el estrés térmico en las plantas y mejorar su crecimiento

- Reducción de la evaporación; conserva la humedad y reducir la necesidad de riego.
- Mayor control de plagas, malezas y enfermedades, facilitando el control exitoso.

5.1.4. Establecimiento de invernadero casa malla

Consta de una estructura de forma cúbica destinada para la protección del cultivo, elaborada con materiales como el acero y malla con unas medidas establecidas de 15 metros de ancho, 15 metros de largo y 3 metros de altura.

Esta se caracteriza por permitir el paso de la precipitación y la reducción de los rayos solares, además que permite la protección contra plagas, insectos y vientos. Otorgando a las plántulas un entorno inocuo para el correcto desarrollo de la misma.

Recalcando que son estructuras muy similares a los invernaderos, pero con una inversión inicial por instalación mucho más económico, siendo adaptable a cualquier tipo de terreno y zona.

Algunos de los beneficios que se pueden obtener con el establecimiento de una casa sombra son:

- Precocidad en cosechas
- Incremento de rendimiento
- Cultivos más inocuos
- Mayor calidad en la cosecha
- Mejor control de plagas y enfermedades

5.1.5. Malla Sarán 70% de sombra

La malla Sarán con un 70% de sombra es una herramienta agronómica, representa una respuesta versátil y eficaz para brindar sombra y protección contra la radiación solar, es destacado por su composición de polipropileno 100% virgen, es beneficioso en climas caluroso o en áreas con alta intensidad de luz para una fotosíntesis eficiente. No solo es una medida de protección, sino una estrategia integral para mejorar la fisiológica de la planta, elevar la calidad y aumentar la rentabilidad de la explotación agrícola (Jardinday, 2025)

- Creando una sombra uniforme sobre el área de cultivo cubierta controlando los niveles solares
- Inmunizar frente a los ácidos y productos fitosanitarios
- Disminuir la evaporación diurna
- Mejora el microclima del interior del invernadero y protege a las plantas y cultivos de los ataques de los roedores, insectos y otros animales.

5.2. Generalidades del cultivo

CEMSA ¾: Es una variedad muy similar al Cuerno enano en cuanto a su morfología y porte bajo, oscila entre los 2.3 y 3 m con un promedio de 2.7 m lo que la hace más resistente al acame causado por el viento, los racimos son de apariencia corta con un promedio de 46 frutos para el manejo tradicional y 60 unidades de manera intensiva en materia de exportación, con un peso bruto en el primer caso entre los 7 a 17 kg y para el segundo de 11 a 19 kg. Actualmente el establecimiento de esta variedad también está en auge por su bondad de tener un racimo uniforme en cuanto al tamaño de sus dedos

(mediano), lo que contribuye a ser el mejor candidato en los procesos de empaque de fruta de exportación, disminuyendo así el rechazo de las unidades que son originadas por el factor extralargo de fruta. (International, 2025)

5.2.1. Origen de las musáceas

Los bananos y los plátanos tuvieron su origen en el Sudeste Asiático, en el llamado archipiélago malayo o región Indo Malaya en el Asia meridional, y en una amplia región que se extendería desde el noreste de India al norte de Australia. Desde Indonesia se propagaron hacia el sur y el oeste, alcanzando Hawái y la Polinesia por etapas (Cantillo, 2010)

Los comerciantes europeos llevaron noticias del árbol o planta a Europa alrededor del siglo III A.C, se conoce en el Mediterráneo desde el año 650. La especie llegó a las Islas Canarias en el siglo XV, pero no lo introdujeron hasta el siglo XX en toda Europa de las plantaciones de África Occidental y Las Canarias. Los colonizadores portugueses y españoles lo llevarían a Sudamérica en el siglo XVI. El cultivo comercial se inicia en las Canarias a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX. En el Siglo XX se convierte en uno de los más cultivados en Centro y Sur América, siendo uno de los principales renglones de exportación en los países tropicales y convirtiéndose en el cuarto cultivo a nivel mundial, tanto por su consumo, exportación y la alta mano de obra que requiere para su producción (Suárez, 2016).

5.2.2. Importancia del cultivo de plátano en Nicaragua

En Nicaragua es de gran importancia tanto a nivel económico como social, es una fuente importante de ingresos para muchos productores y familias, además de generar empleo en toda la cadena productiva. Es un alimento diario en la comunidad nicaragüenses para el consumo en el hogar como el comercio y puesto de ‘’fritangas’’.

La producción de musáceas en Nicaragua se realiza durante todo el año, la que más sobresale en producción es el plátano, que se concentra en los departamentos de Chinandega, León, Managua, Rivas, Masaya, Granada, todos de la zona del pacifico, existe dos estaciones bien marcadas de producción, teniendo una temporada alta en octubre a marzo y la temporada baja de abril a septiembre. (UNA, 2007)

5.2.3. Taxonomía

Clasificación Taxonómica

- Reino: Plantae.
- Filo: Tracheophyta.
- Clase: Liliopsida.
- Orden: Zingiberales.
- Familia: Musaceae.
- Género: Musa.
- Especie: Paradisiaca L. Mozombite.

5.2.4. Morfología

Tallo: Es un rizoma grande, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado.

Raíz: Son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. Su diámetro oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2,5 - 3 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad.

Hojas: Se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. Son grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2 - 4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado.

Inflorescencia: Flores amarillentas, irregulares y con seis estambres. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos.

Frutos: Baya oblonga, durante el desarrollo del fruto estos se doblan según el peso de este, determinando esta reacción la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 3 a 20 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo.

5.2.5. Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura (°C) 25-30. El crecimiento se detiene a temperaturas inferiores a 18 ºC, produciéndose daños a temperaturas menores de 13 ºC y mayores de 45 ºC.

Precipitación (mm/año). 1500 - 1800 milímetros. Lluvias prolongadas y regularmente distribuidas.

Altitud (msnm). Es una condición que determina el periodo vegetativo del plátano de acuerdo con la variedad, adaptándose en un amplio rango que va desde los cero metros hasta los 2000 msnm.

Humedad relativa (%). La humedad relativa del ambiente debe ser adecuada (75 - 80%), dado que condiciones de alta humedad podrían favorecer la presencia de enfermedades causadas por hongos.

Vientos. Moderados para evitar volcamiento y daños mecánicos. Velocidades inferiores a 20 km/h.

Luz. Se debe contar con buena cantidad de luz día para que las plantas se desarrollen adecuadamente (hojas, racimos, yemas o brotes laterales). En el caso contrario, la baja disponibilidad de luz retrasa la producción y afecta la calidad del fruto. Al disminuir la intensidad de la luz se alarga el período vegetativo.

Suelos. Franco arenosos, francos y arcillosos, franco limoso. Profundidad de 1.2 a 1.5 metros. Bien drenados, fértiles y permeables. El plátano tiene una gran tolerancia a la acidez del suelo, oscilando el pH entre 4,5 - 8, siendo el óptimo 6,5. Por otra parte, los plátanos se desarrollan mejor en suelos planos, con pendientes del 0 - 1%.

5.2.6. Enfermedades y afectaciones al cultivo del plátano

Este cultivo tan presente en la historia y en la vida cotidiana de nuestro país y otros países es susceptible a diferentes problemas que pueden poner en peligro la productividad de la plantación y la rentabilidad hacías muchos agricultores. Por lo tanto, estar a la vanguardia con las buenas prácticas agrícola más eficaces para combatir y controlar estas amenazas. (BASFAgricultura, 2023).

Al igual que muchos cultivos el plátano, tiene ciertas especies de hongos y bacterias que se desarrollan y generan enfermedades capaces de reducir la capacidad productiva e incluso matar al plátano.

- **Sigatoka negra**

Esta enfermedad foliar más destructiva del plátano, ya que reduce la fotosintética de las hojas, se debe tomar rápidamente ciertas precauciones, que se caracteriza por la aparición de manchas oscuras y necróticas en las hojas. El manejo y control de esta enfermedad se lleva a cabo de diferente manera como la aplicación de fungicidas específicos de manera preventiva sobre el follaje. (Medina, 2025).

- **Mal de Panamá**

El fusarium *oxysporum f. sp. Cubense*, conocido como el mal de Panamá, es un hongo que ataca las raíces y el sistema vascular de las plantas, sus síntomas es que las hojas se vuelven amarilla y se marchitan, causa la muerte de la planta y contamina el suelo. No tiene cura, por lo que es esencial tomar medidas de control y prevención para evitar propagación.

- **Estrés hídrico**

La falta de agua es uno de los factores que limita el crecimiento del desarrollo hacia el plátano, teniendo un crecimiento lento, reducción del área foliar y racimos más pequeños y menor peso del fruto.

- **Nematodos**

Son pequeños gusanos microscópicos que habitan en el suelo y pueden causar graves problemas afectan directamente a las raíces del plátano, teniendo reducción de crecimiento y desarrollo de las raíces, afectando la absorción de nutrientes y agua, es decir un crecimiento lento y menor rendimiento de las frutas.

- **El picudo negro y el barrenador del plátano**

Es la plaga que ataca al cormo, las larvas picudo excavan galerías dentro del como debilitando la planta y su sistema de anclaje. Esto lo hace susceptible al volcamiento, mal olor en fases avanzadas de la enfermedad, reduciendo el crecimiento y afectación negativa a la producción.

- **Trips**

Se alimentan de la piel del fruto cuando está en desarrollo, causando mancha y cicatrices que reducen su valor comercial. Además de transmitir virus, se alimentan de la savia de las plantas.

5.2.7. Exportaciones del cultivo de plátano.

Nicaragua ha experimentado un crecimiento en las exportaciones de plátano, generando divisas importantes para el país, especialmente en el mercado nacional como centroamericano, genera ingresos significativos para los productores, especialmente en zonas rurales.

El cultivo de las musáceas según el III CENAGRO (2001), en Nicaragua se calcula en unas 90,700 manzanas distribuidas en 51,665 unidades productivas y 83,963 productores individuales donde 72,620 productores varones (85%) y 11,343 productores mujeres (15%). Del total de manzanas a nivel nacional el 18% se cultiva en el departamento de Rivas, esto equivale a un aproximado de 16,700 manzanas distribuidas así: 100 Mz. de banano, 10,200 de plátano y unas 6,500 Mz de otras musáceas (GUINEO).

El total del área sembrada de plátano a nivel nacional se calcula en 25,600 manzanas las que generan una producción estimada en unos 900 millones de dedos a un costo calculado de U$ 55 millones de dólares.

En este eslabón de la cadena se involucran unos 990 productores de plátanos, de los cuales, 660 son pequeños, 320 medianos y 8 grandes productores. El 78% del total de productores se concentra en Rivas, el 10% en Granada, el 9% en Masaya y el 3% en León y Chinandega. Actualmente, la producción de Chinandega es destinada al consumo interno principalmente, y la producción de Rivas se comercializa tanto en el mercado interno como externo, ya que la producción proveniente de la Isla de Ometepe se exporta a Centroamérica.

La producción del plátano genera ingresos de corto plazo al productor, y empleos permanentes en las actividades de manejo de la plantación. Se estima que para las actividades de manejo e irrigación se requiere de 85 días hombre por manzana, lo que representa un requerimiento anual de unos mil días hombres por manzana, en labores productivas directas. (UNA, 2007)

El mercado centroamericano de plátano fresco es altamente competitivo debido a la producción regional. Aunque sus estándares de calidad son menos estrictos que los de EE. UU., se exige un plátano grande, limpio y sin daños. Guatemala, Costa Rica y Nicaragua son los principales exportadores. Mientras Costa Rica y Honduras diversifican hacia productos semiprocesados, las exportaciones de plátano nicaragüense son casi exclusivamente intrarregionales, destinadas principalmente a El Salvador y Honduras.

5.3. Variables

5.3.1. Variables de desarrollo

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

La altura de una planta se mide desde la base del tallo en el nivel del suelo hasta la parte más alta de la planta, esto se hace normalmente con una cinta métrica.

- **Grosor del Tallo (cm)**

Un grosor del tallo más grueso indica una planta más vigorosa, capaz de soportar el peso de los racimos y transportar eficientemente agua y nutriente desde las raíces a las hojas y fruto, el tallo es un cormo subterráneo erecto que se encuentra un punto de

crecimiento vegetativo donde se originan las hojas y posteriormente las flores y frutos del cultivo. (Cayón, 1994)

- **Números de Hojas**

Las hojas son el principal órgano fotosintético, tener el número de hojas adecuado asegura máxima captación de luz solar para la producción de energía, es decir las hojas son la responsabilidad de formar un buen racimo, asegurando un buen peso y calidad. (Belalcázar, 1991).

- **Ancho de la Hoja**

El ancho de la hoja en plátano es el parámetro que mide la distancia horizontal máxima de la lámina foliar, realizada en el centro de la longitud de la hoja, y se utiliza para evaluar el desarrollo vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta.

- **Largo de la hoja**

El largo de la hoja en plátano es el parámetro que mide la distancia longitudinal desde la base del pecíolo hasta el ápice de la lámina foliar, y se utiliza para evaluar el crecimiento vegetativo y el vigor de la planta.

5.3.2. Variables de Cosecha

- **Número de frutos por planta**

El número de frutos por planta es el parámetro productivo que indica la cantidad total de frutos que produce una planta individual durante un ciclo de producción, y se utiliza como un indicador directo del rendimiento y del comportamiento productivo del cultivo.

- **Grosor del fruto (cm)**

El grosor de fruto es el parámetro que expresa el diámetro o espesor del fruto, medido generalmente en su parte media, y se utiliza para evaluar el desarrollo, tamaño y calidad física del fruto en un cultivo.

- **Longitud del fruto (cm)**

La longitud de fruto es el parámetro que mide la distancia desde la base hasta el ápice del fruto, y se utiliza como indicador del crecimiento, desarrollo y calidad comercial del fruto en un cultivo.

- **Peso de los frutos por planta (Lb)**

El peso de los frutos por planta es un indicador cuantitativo del rendimiento productivo, que representa la masa total de cada uno de los dedos que conforman el racimo de una planta de plátano.

- **Rendimiento productivo (ton/ ha)**

Expresa la cantidad total de frutos cosechados por unidad de superficie cultivada, generalmente medido en toneladas por hectárea, para poder obtener el resultado de esta variable se selecciona se determinó el área total de cubrimiento por cultivo a través de las siguientes ecuaciones.

Ecuación 1

Rendimiento productivo

$$\text{Área del terreno } (m2) = \text{Ancho del terreno } (m)\ x\text{Longitud del terreno } (m)$$

- **Número de plantas por surco**

Se determinó el número total de plantas por surco a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 2

Número de planta por surco

$$\text{Número de plantas por surco} = \text{Largo del surco } (m)/\text{Espaciamiento entre planta } (m)$$

- **Número total de plantas en el área**

Se determinó el número total de plantas existentes dentro del área del terreno por cultivo a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 3

Número total de plantas

$$\text{Número total de plantas} = \text{Numero de plantas por surco} * \text{Número total de surcos}$$

- **Número de plantas muestreadas**

Para determinar el número de plantas muestreadas se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 4

Número de plantas muestreadas

$$\boldsymbol{Número\ total\ de\ plantas\ muestreadas}$$

$$= \boldsymbol{Numero\ de\ plantas\ muestreadas\ por\ surco} * \boldsymbol{Número\ total\ de\ surcos}$$

- **Número total de frutos cosechados por hectárea**

Es la cantidad total de frutos recolectados en una unidad de superficie equivalente a una hectárea, obtenida a partir del conteo de todos los frutos cosechados en el área evaluada. Este indicador permite estimar el nivel de producción y el rendimiento del cultivo por superficie.

- **Peso promedio de los frutos cosechados**

Es el valor medio del peso individual de los frutos recolectados, calculado dividiendo el peso total de los frutos cosechados entre el número total de frutos. Este parámetro refleja el tamaño y desarrollo promedio de los frutos y es un indicador de la calidad productiva del cultivo.

- **Número promedio de frutos por planta en la muestra**

Se determina el número de frutos por planta a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 5

Frutos por planta

$$\boldsymbol{fruto\ por\ planta} = \frac{\boldsymbol{Total\ de\ frutos\ de\ plantas\ muestreadas}}{\boldsymbol{numero\ de\ plantas\ muestreadas}}$$

- **Peso promedio de frutos por plantas en la muestra**

Para determinar este dato se realiza a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 6

Peso total por planta

$$\boldsymbol{peso\ total\ por\ planta = frutos\ por\ planta\ x\ peso\ promedio\ de\ los\ frutos}$$

- **Rendimiento total del cultivo en el área de 902 $\boldsymbol{m^2}$**

El rendimiento total se determina a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 7

Rendimiento total

$$\boldsymbol{Rendimiento\ total = Peso\ promedio\ por\ planta\ x\ N\acute{u}mero\ total\ de\ plantas}$$

- **Rendimiento de producción por unidad de área.**

A través de siguiente ecuación se determina el rendimiento en $1m^2$:

Ecuación 8

Rendimiento kg/m2

$$\boldsymbol{Rendimiento}\ (\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^2}}) = \frac{\boldsymbol{Peso\ Total\ en\ kg}}{\boldsymbol{Area\ total\ m2}}$$

Proyección del rendimiento a una hectárea (10,000 $\mathrm{m^2}$)

La proyección del rendimiento en 1 ha se determina a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 9

Rendimiento kg/ha

$$\boldsymbol{Rendimiento}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha}}\right) = \boldsymbol{Rendimiento}(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^2}})\boldsymbol{x}\ \boldsymbol{10,000 m^2}$$

Conversión del rendimiento a toneladas por hectárea (ton/ha)

A través de la siguiente ecuación se determinó el rendimiento que obtuvieron los cultivos en toneladas por hectárea.

Ecuación 10

Rendimiento ton/ha

$$\boldsymbol{Rendimiento}\ (\frac{\boldsymbol{ton}}{\boldsymbol{ha}}) = \frac{\boldsymbol{Rendimiento}\ (\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{ha}})}{\boldsymbol{1000}}$$

5.4. Producción y calidad

5.4.1. Métodos de siembra

Los métodos de siembra establecidos en la investigación son los siguientes:

- **Método de siembra directa**

La siembra tradicional se basa en siembra de cormos o hijuelos directamente en hoyos de unos 10-15 cm de profundidad en el suelo, dejando cierta distancia entre plantas y surcos, buscando suelos fértiles y bien drenados para una buena propagación vegetal, la limpieza y desbroce del terreno deben hacerse con suficiente anticipación a la siembra.

El control de las malas hierbas en el cultivo es vital importancia que se debe llevar un control, debido a que las plantas empiezan a competir por agua, luz y nutrientes, además de los arvenses pueden constituirse en hospederas de insectos plagas y de enfermedades que pueden afectar al desarrollo y la calidad del fruto, por la cual se realiza un manejo de cultivo más controlado. (Anchundia, 2021).

- **Método de casa sombra.**

La agricultura hoy en día no solo se practica a campo abierto, sino que se realiza en ambiente controlados y protegidos, donde figuran principalmente invernaderos y casas sombras, ideal para proteger las plántulas jóvenes, de la fuerte de sol y de la deshidratación inicial, uniformizando el crecimiento y reduciendo la competencia, a lo que se le conoce como agricultura protegida.

Cuyo objetivo es regular la temperatura y la cantidad de luz que incide sobre los cultivos, además de protegerlo de plagas y enfermedades, los vientos fuertes y controlando un clima cálido, incrementando los rendimientos de desarrollo en los frutos en su calidad de exportación. (Garcia, 2020)

5.4.2. Diseño de siembra

Si se cuenta con un suelo plano se puede sembrar en cuadro, rectángulo o en triangulo, para elegir la siembra en triangulo el terreno debe estar quebrado, siguiendo las curvas de nivel. Existen diferentes configuraciones o arreglos espaciales para las siembras también de forma hexagonal y a doble hilera. (Chemonics International, 2025).

- **Siembra en cuadro**

Es el sistema tradicional usado por la mayoría de agricultores, sin embargo, no proporciona la mejor forma de distribución de las plantas en el terreno.

- **Siembra hexagonal o en triangulo**

Presenta la ventaja sobre el sistema en cuadro que permite más unidades de producción por área.

- **Siembra en doble hilera**

Consiste en sembrar dos hileras bastante cerca una de la otra, dejando un espacio amplio y luego otras dos hileras. Este sistema permite la entrada de maquinaria para la cosecha, facilita el combate de la Sigatoka y las labores de manejo en general, pero presenta ciertas dificultades para el deshije y el mantenimiento de las hileras.

- **Orientación de la siembra**

Las calles no deben orientarse por la salida del sol sino por la dirección en que generalmente sopla el viento, si los surcos actúan como barreras, el viento puede afectar parcial o totalmente en la plantación.

5.5. Factores ambientales del cultivo del plátano.

5.5.1. Temperatura

Los requerimientos oscilan entre los 26 a 30°C, esta tiene un efecto relevante en el desarrollo del fruto ya que las temperaturas más bajas alargan la cosecha y el crecimiento se ralentiza significativamente, y la temperatura muy alta (38°C- 40°C) pueden causar quemaduras en las hojas y estrés hídrico,

5.5.2. Luminosidad

El plátano requiere mínimo entre 6 a 8horas de sol al día, requiere alta intensidad lumínica para la fotosíntesis eficiente y un buen desarrollo del racimo.

5.5.3. Importancia de la radiación solar en el plátano.

Los valores extremos en un periodo determinado para el desarrollo del cultivo, el crecimiento, y su producción como el plátano mediante de los diferentes elementos meteorológico de la interacción armónica es la radiación solar, ya que es la fuente de energía de la planta para utilizar la fotosíntesis, es decir crucial para optimizar el crecimiento, rendimiento y la calidad del fruto. (Salinas, 2004)

Es un rol fundamental específicamente la luz visible, es captada por la clorofila de las hojas y se convierte en energía química (carbohidratos), la radiación fotosintéticamente activa (RFA) es el tipo que favorece el proceso en la planta, radiaciones mayores a 700 nm no favorece, pero si esta entre 45 a 50% de la radiación se obtiene la calidad y el desarrollo adecuado del cultivo. (Intagri, 2024)

La cantidad de luz suficiente luminosa producirá una inflorescencia con un mayor número de manos y dedos potenciales, y durante el llenado la tasa de fotosíntesis debe ser alta para que la planta pueda producir y transportar los azucares necesarios para el engorde del racimo, la radiación solar es un factor de doble filo ya que su exceso puede ser tan perjudicial en la deficiencia, pero teniendo un manejo adecuado es de gran calidad el desarrollo hasta su última etapa.

5.5.4. Suelo

Requieren suelos con profundidad no menor a 1 m. la textura franco o franco arcillo limoso, en caso de suelo muy liviano, bien drenado, fértiles con buena capacidad de retención de humedad, buen nivel de materia orgánica es beneficiosos para la estructura del suelo y la retención de nutriente y agua. El buen drenaje es crítico, no toleran el encharcamiento.

5.5.5. Densidad de siembra

1.600antas/ha. Distancias de 2.5 x 2.5 m, en tres bolillos o triángulo.

5.6. Ventajas y desventajas de los métodos de siembra

- **Siembra Directa:**

Ventajas:

- ❖ Reducción de costos: Elimina la necesidad de viveros y trasplantes, lo que reduce gastos en mano de obra y materiales.
- ❖ Desarrollo radicular más rápido: Las raíces se establecen directamente en el suelo, lo que puede acelerar el crecimiento inicial de la planta.
- ❖ Menor riesgo de enfermedades: Al evitar el vivero, se reduce la posibilidad de que las plántulas se infecten con patógenos.

Desventajas:

- ❖ Mayor competencia con malezas: Las malezas pueden competir con las plántulas por nutrientes y agua, requiriendo un control más riguroso.
- ❖ Mayor riesgo de daños por factores climáticos: Las plántulas jóvenes son más vulnerables a heladas, sequías y fuertes lluvias.
- ❖ Homogeneidad en la germinación: No todas las semillas germinan al mismo tiempo, lo que puede afectar la uniformidad del cultivo.

- **Casa Sombra:**

Ventajas:

- ❖ Control del microclima: Permite regular la temperatura, humedad y luz, creando un ambiente óptimo para el desarrollo de las plantas.
- ❖ Protección contra factores climáticos adversos: Las casas sombra protegen a las plantas de la radiación solar excesiva, el viento y las lluvias intensas.
- ❖ Mayor producción: Al crear un ambiente controlado, se pueden obtener mayores rendimientos y frutos de mejor calidad.

Desventajas:

- ❖ Costos de inversión: La construcción y mantenimiento de una casa sombra requieren una inversión inicial significativa.
- ❖ Limitación del espacio: Las casas sombra ocupan un área determinada, lo que puede limitar la expansión del cultivo.
- ❖ Mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades: El ambiente húmedo y protegido de las casas sombra puede favorecer el desarrollo de ciertos patógenos.

VI. HIPÓTESIS

6.1. Hipótesis de la investigación (Hi)

La adopción de métodos de propagación de cormos en bolsas, incrementará significativamente en un aumento notable en la producción.

6.2. Hipótesis alternativa (Ha)

La falta de actualización en las técnicas de producción y el uso de plántulas de calidad inferior limitarán el crecimiento del sector agrícola.

6.3. Hipótesis nula (H0)

La utilización de plántulas procedente de la multiplicación de cormos en bolsas no aumenta el rendimiento productivo en comparación con la producción con métodos convencionales.

VII. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. Diseño de la investigación

7.1.1. Tipo de investigación

Es una investigación mixta con alcance correlacional centrada en determinar la relación entre la técnica de producción de plántulas de plátano y el rendimiento productivo de cada uno de ellos. En este tipo de investigación, no se manipula ninguna de las variables, el investigador se limita a la observación y registro de datos, evaluando como estos se relacionan entre sí.

En este caso, la variable independiente son los métodos de propagación, que se clasifica en dos grupos: plantas provenientes de la siembra directa del cormo al terreno definitivo y las plantas establecida primeramente en la casa y posterior trasplante al terreno definitivo. La variable dependiente es el rendimiento productivo, que se mide en kilogramos por planta. Se medirá el rendimiento productivo de cada método de propagación.

7.1.2. Alcance de investigación

Esta investigación tiene un alcance descriptivo correlacional ya que se considera la descripción de variables de desarrollo y las variables de cosecha establecida desde la siembra hasta la cosecha, evaluando la correlación de los resultados obtenidos de las variables establecidas.

7.1.3. Enfoque de investigación

La investigación tiene un enfoque mixto ya que el estudio se aborda de manera cuantitativa al realizar la recolección de datos obtenidos de la medición periódica de las variables de desarrollo y de la medición de las variables de cosecha, también abordando las características de la investigación cualitativa al evaluar aspectos como la vigorosidad de las plantas y la calidad del producto final, centrándose así en evaluar la influencia de los dos métodos de siembra establecido desde la etapa inicial hasta la cosecha, la cuales fueron siembra directa (SD) y siembra casa sombra (SCS). Sobre el desarrollo fenológico, la calidad del fruto y la rentabilidad financiera del cultivo del plátano.

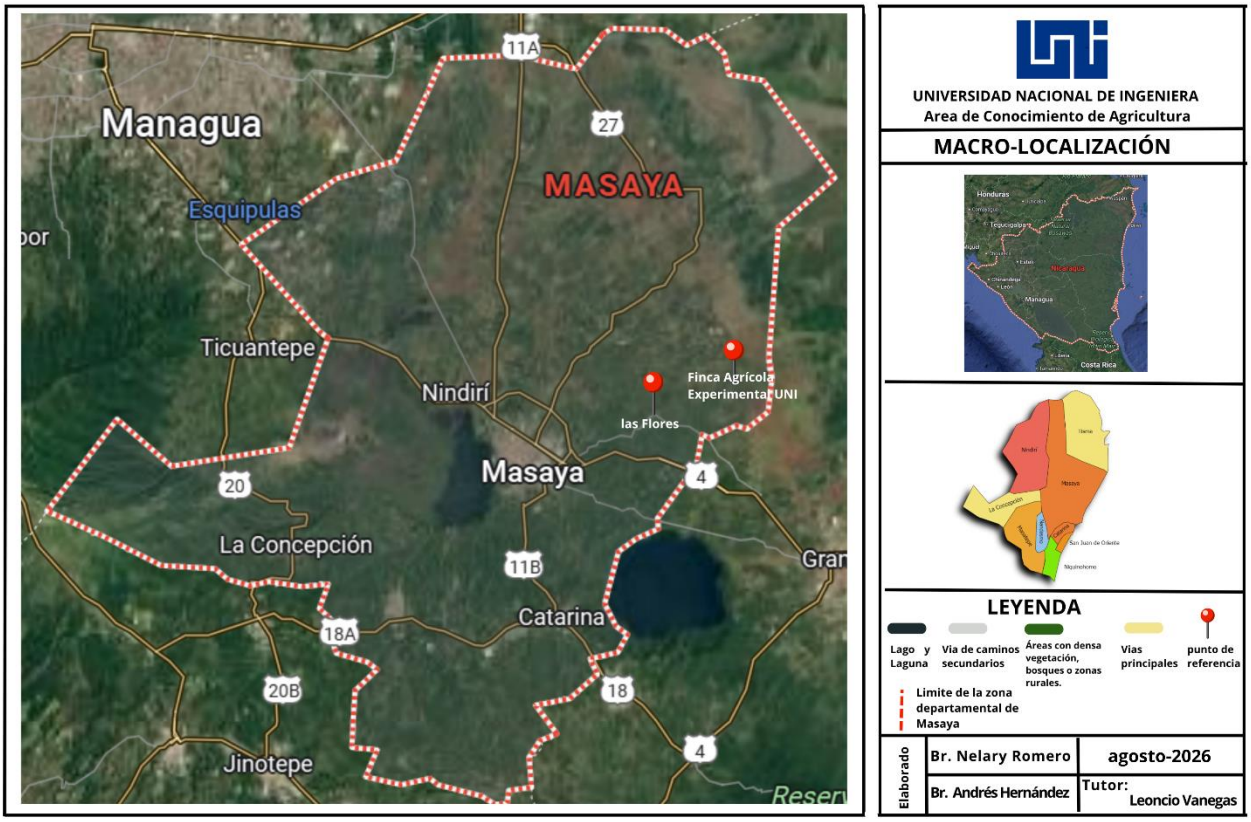
7.2. Descripción del área de estudio

7.2.1. Macro localización

El estudio se realizó en la Finca Agrícola Experimental FAE-UNI, ubicada en el municipio de La Bolsa, departamento de Masaya.

Figura 1

Macro localización del Área de estudio



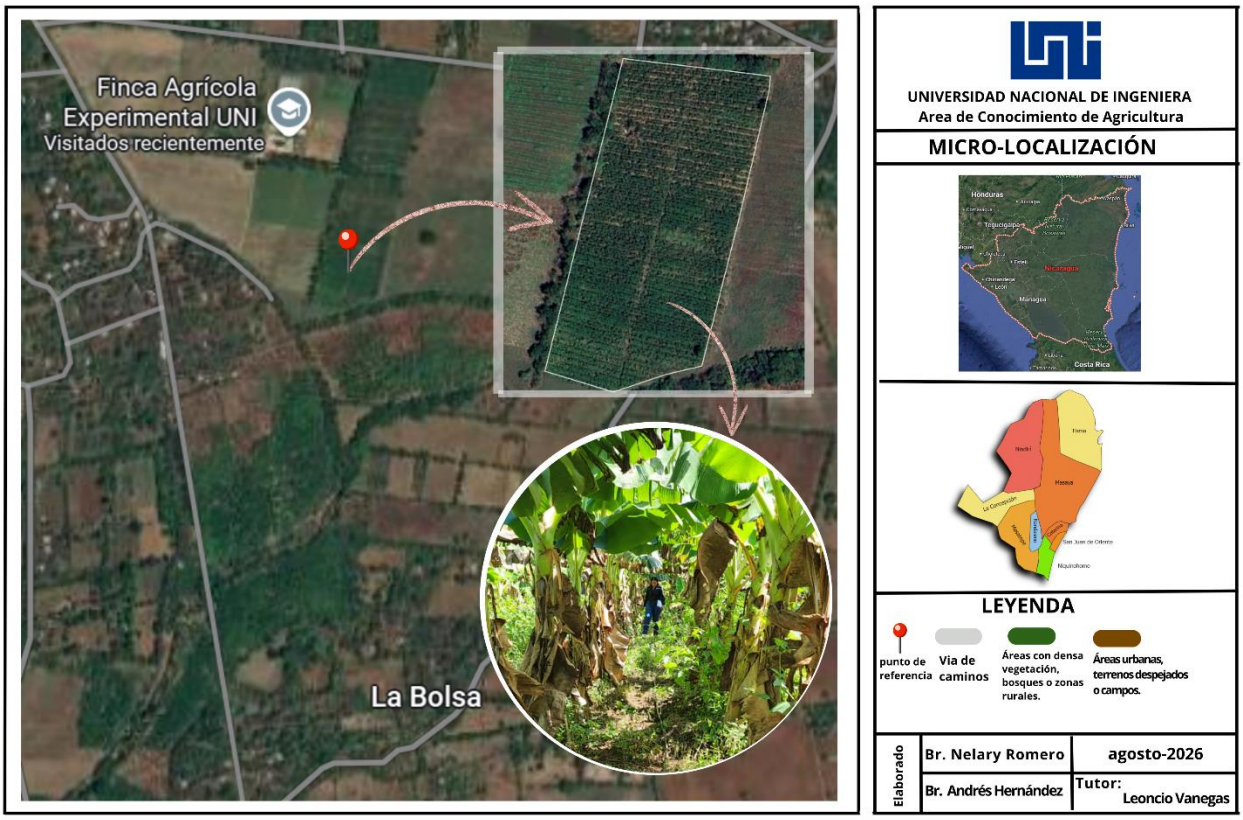
Fuente: Elaboración Propia. Esta imagen refleja la macro localización de área de estudio, imagen tomada de Google Earth.

7.2.2. Micro localización

La finca según sus coordenadas está a 12.011517° latitud y -85.997852°, con una altitud de 58 msnm, con una temperatura promedio de 28°C.

Figura 2

Micro localización del Área de estudio



Fuente: Elaboración Propia. Esta imagen refleja la micro localización de área de estudio, imagen tomada de Google Earth.

7.3. Producción de plántulas de plátano

Se seleccionó dos métodos de propagación más conocidos que incluyen la propagación tradicional por cormo directamente al terreno, es la más utilizada por los productores por su experiencia laboral, por otro lado, está la propagación en bolsas dentro de una casa sombra, integración de desarrollo tecnológico de bajo costo en el sector agrícola.

7.4. Población y Muestra

El diseño experimental aplicado en este proyecto fue de Bloque Completo al Azar (BCA), con dos tratamientos y tres repeticiones, las dimensiones son 6 metros de longitud con cuatro surcos, los surcos del centro son considerados para las plantas de muestreo.

7.4.1. Población

- Población objetivo: Plantaciones de plátano (Musa paradisiaca.) variedad CEMSA 3/4 establecidas en condiciones agroecológicas de la FAE-UNI, bajo los dos métodos de establecimiento evaluados (siembra directa y siembra en bolsa bajo casa sombra).
- Población accesible: Las plantas y parcelas establecidas y manejadas en el vivero/campo experimental de la FAE-UNI durante el ciclo 2024–2025.

7.4.2. Unidad experimental y muestra

- Unidad experimental: La parcela dentro de cada bloque que recibe un tratamiento.
- Unidad de observación: Plantas útiles dentro de cada parcela (se excluyen bordes).
- Submuestreo: Frutos de cada racimo para variables de calidad (peso, longitud, diámetro, grosor).

7.4.3. Tamaño de muestra

- Número de parcelas: 2 tratamientos × 3 repeticiones = 6 parcelas.
- Plantas útiles por parcela: 18 (más 4 plantas de borde no evaluadas).
- Total, de plantas medidas: 36.
- Total, de plantas de borde: 12.
- Seguimiento vegetativo: 18 plantas por parcela, medidas periódicamente.

En un bloque completos al azar (BCA), la precisión del efecto de tratamiento depende del número de repeticiones (3 bloques). El submuestreo dentro de parcelas mejora la estimación del promedio de cada parcela, aunque no incrementa el número de unidades experimentales, la recomendación de 18 plantas por parcela responde a la viabilidad esperada en campo y la necesidad de evaluar rendimiento.

7.5. Preparación de materiales y sitio

7.5.1. Estructura y microclima controlado

Se construyó una casa malla en las instalaciones de la FAE-UNI con dimensiones de 225 metros cuadrados, donde se estableció en primera instancia la construcción del esqueleto de tubos galvanizados, diseño de forma rectangular con puerta, luego se procedió a cubrir con malla sarán 70% de bloqueo de luz solar en su totalidad. La casa malla fue equipada con un sistema de riego por micro aspersores invertidos Green Spin de 50 LPH, se acopló a una tubería matriz de conducción de PVC y líneas laterales de manguera de polietileno de alta densidad.

7.5.2. Riego

El sistema de irrigación instalado consistió en nebulizadores de sistemas de alta presión conectados a la red de riego, alcanzando presiones mayores 3,5 bares, generando gotas mucho más pequeñas (<50 micras), lo que resulta en una neblina más fina y una mejor evaporación para un control climático más efectivo.

7.5.3. Preparación del sustrato

El sustrato se preparó mezclando 1 parte de suelo fértil + 1 parte de arena media + 1 parte de abono orgánico (33% de cada componente). Se aseguró que la arena media (600 – 1180 µm) fuera tamizada con una Malla N° 16 (ASTM), para obtener una textura del sustrato suelta, con nutrientes y aireación equilibrada.

7.5.4. Bolsas de polietileno

Se utilizaron bolsas de polietileno con medidas recomendaciones de 20-25 cm de diámetro y un espesor de polietileno de 400 – 600 galgas (≈ 0,10 – 0,15 mm), con una capacidad aproximada de 8 – 12 litros de sustrato.

7.5.5. Desinfección de la semilla o cormo

La semilla de la variedad CEMSA ¾ se seleccionó del área establecida en la FAE – UNI, de un área manejada para semillero. Los cormos fueron seleccionados uniformes en peso para garantizar la misma capacidad de emergencia, el peso promedio fue de 2 libras por cormo. Para la desinfección, se preparó una solución de inmersión utilizando 20 litros de agua limpia, mezclando los siguientes componentes, disueltos en el orden: Carbendazim (50% SC o WP) 25 g (o ml) / 20 L de agua, Clorotalonil (75% WP o SC) 40 g (o ml) / 20 L de agua, Abamectina (1.8% EC) 15 ml / 20 L de agua.

El procedimiento de desinfección consistió en los siguientes pasos:

1. Se lavaron bien los cormos retirando raíces y tejido dañado.
2. Se preparó la mezcla en un tanque plástico con 20 L de agua limpia.
3. Se sumergieron los cormos por un periodo de 10–15 minutos (sin exceder 20 min para evitar fitotoxicidad).
4. Se dejaron escurrir y orear a la sombra antes de la siembra.

Durante este procedimiento se tomaron en cuenta las siguientes precauciones:

1. El uso de guantes, mascarilla y gafas de protección.
2. La preparación de la cantidad necesaria que se usaría en el día.
3. Se evitó la reutilización de la solución en varias jornadas ya que se pierde efectividad.

Este intervalo permite que los productos penetren en la superficie de la semilla y eliminen insectos (como picudos del banano, Cosmopolites sordidus) y hongos patógenos (como Fusarium oxysporum). Un tiempo menor a 10 minutos puede ser insuficiente y tiempo mayor a 20 minutos puede dañar el tejido del cormo y afectar la brotación.

7.5.6. Llenado de bolsas

Durante el proceso de llenado de las bolsas con sustrato, estas se apilaron en doble hilera dentro de la casa malla, manteniendo una distancia de 80 cm entre doble hilera. Para estimular la producción de raíces, se realizaron dos aplicaciones del hongo benéfico Trichoderma harzianum, a razón de 1,5 g por litro de agua, utilizando el método de aplicación al Drench, a un intervalo de 8 días. Esta misma fórmula se aplicó a las plántulas de siembra directa.

7.5.7. Trasplante

Previo al trasplante se realizó la preparación de suelo en el terreno donde las plántulas se establecieron de manera permanente, esto fue realizado con cuidado de no causar daños al momento de llevarlos al establecimiento en campo de plántulas extraídas de la casa malla con un promedio de 43 cm de alto.

7.6. Variables

El estudio de evaluación del rendimiento productivo de las plántulas de plátano, se requirió el seguimiento y monitoreo de variables de desarrollo y variables productivas, por lo que se describe cada una de ellas en la tabla 1.

7.6.1. Variables de desarrollo

Tabla 1

Variables de desarrollo

Variables	Unidad de medida	Procedimiento
Altura de planta	Cm	Para el registro periódico de la altura del pseudotallo de la planta, se utilizará una cinta de medición, tomando la longitud desde la base del tallo hasta la axila de la última hoja.
Diámetro de tallo	Cm	El seguimiento y registro del valor numérico del grosor del pseudotallo de las plantas marcadas se realiza a una altura de 10 cm de nivel del suelo, utilizando como instrumento de una cinta de medición.
Números de hojas	Unidad	Es importante contabilizar para evaluar el desarrollo vegetativo obtenido durante el periodo por lo que se hará la medición al iniciar la floración.
Ancho de la hoja	Unidad	Con una cinta medirá el ancho de cada planta seleccionada como muestra, esta medición se llevará a cabo al iniciar el periodo de floración.
Largo de la hoja	Cm	Utilizando una cinta se medirá el largo de la hoja de cada planta seleccionada como muestra, esta medición se llevará a cabo al iniciar el periodo de floración.

Fuente: Elaboración propia.

El registro de las variables de altura y diámetro se toman en fechas planificadas y las variables como número, ancho y largo de hoja se tomaron al iniciar el periodo de floración.

7.6.2. Variables de cosecha

Se establecieron las variables a considerar para una evaluación optima de los métodos de siembras seleccionados mostrados en tabla 2.

Tabla 2

Variables de cosecha

Variables	Unidad de medida
Número de frutos por planta	Unidad
Grosor del fruto	Cm
Longitud del fruto	Cm
Peso de los frutos por planta	Lb
Rendimiento productivo	Ton/Ha
Número de plantas por surco	Unidad
Número total de plantas en el área	Unidad
Número total de frutos cosechados	Unidades
Peso promedio de los frutos cosechados	Lb
Número promedio de frutos por planta en la muestra	Unidades
Peso promedio de frutos por plantas en la muestra	Lb
Rendimiento total del cultivo en el área	Toneladas
Rendimiento por metro cuadrado	Toneladas

Fuente: Elaboración propia.

Se evaluó en ambos métodos de siembra las siguientes variables de cosecha, buscando la diferencia de calidad de ambas cosechas.

7.7. Instrumentos utilizados

Para la medición de las variables de desarrollo y variables de cosecha, se utilizaron los siguientes instrumentos, mostrados en tabla 3.

Tabla 3

Instrumentos

Instrumentos	Medida De Unidad
Regla graduada o cinta métrica	Cm
Calibrador o vernier	Cm
Balanza electrónica de precisión	Gr
Cuaderno de campo y ficha de registro	Unidad
Balanza de plataforma+	Kg
Cinta métrica	Cm
Cronómetro y fichas de campo	Unidad
Hojas de registro y software estadístico	(Excel/Spss):

Fuente: Elaboración propia.

Herramientas esenciales para uso de mediciones y observaciones por la evaluación de desarrollo por cada método de siembra que se realizó.

7.8. Rendimiento en la producción

Procedimiento para la determinación del rendimiento productivo (ton/ha):

Selección de una muestra útil: Se utilizó un diseño experimental comparativo de Bloque Completo al Azar (BCA), seleccionando un total de 36 plántulas útiles (18 del método casa sombra y 18 del método siembra directa) para la evaluación de cosecha, asegurando la validez estadística de los resultados.

Medición de las variables de cosecha: Al alcanzar la madurez fisiológica, se procedió a la recolección de datos de las variables de cosecha, incluyendo el conteo manual del Número de frutos por planta y el registro del peso de los frutos por planta, utilizando una balanza de precisión.

Evaluación de la calidad del fruto: En los frutos se aplicaron los siguientes procedimientos de medición:

- Se midió el grosor del fruto (cm) en la zona media con el apoyo de un vernier.
- Se midió la longitud del fruto (cm) desde la base hasta el ápice, utilizando una cinta graduada. La inclusión de estas variables de calidad permite comparar la producción de ambos métodos.

Cálculo del rendimiento proyectado: Para obtener el rendimiento productivo final en toneladas por hectárea (ton/ha) (Ecuación 10), se procedió a la aplicación de ecuaciones matemáticas preestablecidas, basándose en el área total por cultivo:

- Se determinó el número de plantas por surco (Ecuación 2) y el número total de plantas en el área (Ecuación 3).
- Se calculó el número promedio de frutos por planta en la muestra (Ecuación 5) y el peso promedio de frutos por plantas en la muestra (Ecuación 6).
- Se determinó el rendimiento total del cultivo en el área experimental (902 m2) (Ecuación 7).
- Se proyectó y convirtió el rendimiento a una hectárea (10,000 m2) para obtener el resultado en Rendimiento (ton/ha) (Ecuación 10), permitiendo el análisis comparativo de las variables.

Se propuso un diseño experimental comparativo, utilizando 18 plántulas seleccionadas del método casa sombra y 18 plántulas seleccionadas del método de siembra tradicional, este tratamiento asegura la validez estadística de los resultados, la calidad del fruto tomando en cuenta el tamaño, forma y peso del fruto.

Con esto proporcionar una base sólida para la evaluación comparativa de los sistemas de siembra, la rigurosidad en la recolección y análisis de datos, juntos con un análisis de costos, permite obtener resultados confiables y relevantes para mejorar las prácticas agrícolas sobre los cultivos de plátano con la variedad CEMSA 3/4.

7.8.1. Comparación económica

Se realizó una comparación de los resultados de cosecha con el objetivo de determinar la rentabilidad de cada sistema de producción.

Procedimiento para el análisis de costos:

Elaboración de presupuesto detallado: Se procedió a la recolección de datos sobre los costos asociados a cada actividad y los insumos utilizados en ambos sistemas de producción, casa sombra y siembra tradicional.

Estableciendo dos variables de rentabilidad, córdobas por tonelada producida y la proyección de los ingresos por producción, para tener dos indicadores que facilitan la toma de decisiones.

7.9. Análisis de comparación de ingresos por ambos métodos de siembra

Es fundamental detallar el procedimiento que permite determinar los ingresos proyectados. Basado en los datos de ventas de cosecha proporcionados, se basó en una estratificación por calidad comercial del fruto, comparando el rendimiento de la variedad, en ambos métodos de cultivo casa sombra y siembra directa.

7.9.1. Clasificación por calidad comercial

Se definieron por categorías de mercado para los dedos de plátano, cada una con un precio diferenciado por unidad (P/UND).

- Primera C$ 7.00
- Segunda C$ 3.50
- Cola C$ 1.20

7.9.2. Cálculo de valor por categoría (Total C$)

Para determinar el ingreso generado por cada nivel de calidad en un solo racimo (cabeza), se multiplico el precio unitario por la cantidad de dedos promedio por racimo (CANT/CABEZA).

Casa sombra

- Primera: 22
- Segunda: 5
- Cola: 8

Siembra directa

- Primera: 16
- Segunda: 9
- Cola: 14

Ecuación 11

Cálculo de valor por categoría

$$\boldsymbol{Total\ por\ calidad} = \left(\frac{\boldsymbol{P}}{\boldsymbol{UND}}\right) * \left(\frac{\boldsymbol{CANT}}{\boldsymbol{CABEZA}}\right)$$

7.9.3. Determinación del ingreso total por planta

Se determina la sumatoria de los ingresos de las tres categorías para obtener el valor comercial total de un racimo promedio por planta de ambos métodos de siembra.

Fórmula utilizada:

Ecuación 12

Ingreso total por planta

$$\boldsymbol{Total\ por\ planta} = \sum (\boldsymbol{total\ primera} + \boldsymbol{Total\ segunda} + \boldsymbol{Total\ cola})$$

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Producción de plántulas de plátano

El primer objetivo específico de la investigación se centró en establecer la producción de plántulas de plátano en bolsas utilizando el recurso de la casa malla. La validación de este objetivo no se limita a la mera construcción de la infraestructura, sino a la generación de material vegetativo de calidad superior que justifique la inversión.

La selección de la variedad CEMSA 3/4, una variedad similar al Cuerno Enano y adaptada a las condiciones edafoclimáticas de Centroamérica fue con el fin que proporcionará una base productiva sólida.

8.1.1. En bolsas en casa malla

El principal beneficio técnico del sistema de casa sombra es la mitigación de los factores ambientales adversos, lo que asegura un crecimiento inicial optimizado. La casa malla con 70% de bloqueo de luz solar, combinada con el sistema de nebulización de alta presión, garantiza la humedad relativa óptima (75% a 85%) y la regulación de la temperatura, evitando el estrés térmico que puede afectar negativamente el desarrollo radicular y foliar en campo abierto.

Se registró que las plántulas de la casa sombra alcanzaron una altura promedio de 43 cm y un grosor de tallo de 15.5 cm al momento del trasplante. Estos parámetros de alto vigor inicial, obtenidos gracias a un ambiente inocuo, deben ser contrastados rigurosamente con los resultados de la siembra directa. Un crecimiento vigoroso y crucialmente homogéneo (menor desviación estándar en las mediciones), es el primer

indicador del éxito técnico de la metodología de casa sombra. Si la siembra directa muestra un crecimiento desigual (alta desviación estándar), se confirma la desventaja de la alta competencia con malezas y la vulnerabilidad a factores climáticos extremos inherente a los métodos tradicionales.

El manejo fitosanitario en vivero (desinfección con Carbendazin, Clorotalonil y Abamectina, y aplicación de *Trichoderma harzianum*) es una práctica preventiva crítica. La casa sombra permite este manejo intensivo, limitando el riesgo de enfermedades como el Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*) y picudos, lo que es fundamental para garantizar plantas sanas y lograr altos rendimientos.

8.1.2. Descripción de la variedad CEMSA ¾

Se trabajó con la variedad CEMSA 3/4, que es una variedad de musa paradisiaca L, que se caracteriza por ser muy similar al cuerno enano. (International, 2025).

La variedad de plátano CEMSA ¾, es originaria de Cuba, es importantes señalar que ha demostrado ser altamente productiva en condiciones edafoclimáticas de Centroamérica. (Martínez et al., 2017).

Figura 3

Requerimientos edáficos para la variedad CEMSA ¾



Fuente: Elaboración propia

8.1.3. Estudios edafológicos

Tabla 4

Estudios edafológicos

Parámetro	Símbolo	Valor obtenido	Requerimiento óptimo del plátano	Evaluación
Textura		**Franco Arcilloso**	Franco, Franco-Limoso	**Ideal:** Buena retención de agua, pero el contenido de arcilla requiere manejo estricto del drenaje para evitar asfixia radicular.
Reacción del suelo	**pH**	**7.5**	5.8 - 7.5 (Ligeramente ácido a neutro)	**ideal:** siendo el rango ideal cercano a la neutralidad, asegura que nutrientes como el potasio, el magnesio y calcio estén disponibles para el cultivo en su desarrollo.
Salinidad	**CE**	**0.4 ds/m**	< 1.0 (Baja)	**Ideal:** Salinidad muy baja, lo que elimina el riesgo de toxicidad por sales para el plátano.
Capacidad de retención	**CC**	**57.50%**	Alto (Generalmente >40%)	**Excelente:** El suelo retiene gran cantidad de agua, lo que es positivo para un cultivo con alta demanda hídrica.
Marchitez	**PMP**	**31.10%**	Moderado	**Adecuado:** La diferencia entre CC y PMP indica un buen rango de agua disponible para la planta.
Densidad aparente	**DA**	**0.9 g/cm³**	Moderada (Idealmente < 1.3)	**Excelente:** Baja densidad, lo que sugiere buena porosidad, aireación, y baja compactación.
Densidad real	DR	1.7	moderado	**Excelente:** indica una alta presencia de materia orgánica lo que beneficia la fertilidad, retención de agua y estructura del suelo

Fuente: Elaboración propia.

Las condiciones edafológicas de la FAE-UNI, con un pH ideal, baja compactación, y excelente retención de humedad, son altamente favorables para el desarrollo del cultivo de plátano, a pesar del riesgo de textura franco-arcillosa que requiere control de drenaje.

8.1.4. Población y selección de muestra (unidad de análisis).

8.2. Las variables de desarrollo fenológico del cultivo de plátano.

El segundo objetivo se cumplió mediante el monitoreo sistemático de las variables de desarrollo: altura, grosor, número de hojas, etc. a lo largo del ciclo fenológico.

El análisis crítico de los datos de desarrollo vegetal (media, desviación estándar, mínimo y máximo) debe enfocarse en determinar la persistencia del vigor inicial de las plántulas de casa sombra una vez trasplantadas al campo.

Si las plantas de casa sombra mantuvieron una menor desviación estándar en altura y grosor del tallo a lo largo de los cuatro monitoreos (Julio 2024 a enero 2025), esto demuestra que el ambiente controlado de la primera etapa generó una memoria fisiológica que permite a las plantas responder de manera más uniforme al estrés en el campo.

El análisis del desarrollo vegetal comparó la siembra directa contra la siembra casa sombra mediante la recolección de datos en cuatro fechas específicas entre julio de 2024 y enero de 2025. El cual se mostrará en el siguiente acápite “Datos de desarrollo vegetal”.

Figura 4

Observación de variables de desarrollo



Fuente: Elaboración propia

En esta figura se observa las primeras 8 semanas de desarrollo de crecimiento en el campo de ambos métodos de siembra, en cual la siembra tradicional con presencia de alta incidencia de arvenses, comparado a la siembra casa sombra totalmente libre de arvense.

8.2.1. Datos de desarrollo vegetal

- **Monitoreo desarrollo de tallos**

En los datos presentados se encuentran evaluaciones estadísticas como media, mediana, moda, desviación estándar, mínimo y máximo, de la variable de desarrollo de altura y grosor de tallos en la siembra directa y siembra casa sombra, tomados en cuatro fechas que se consideraron relevantes en el desarrollo del cultivo.

- **Monitoreo día 09 de julio del 2024**

En la siguiente tabla se muestran valores los datos recolectados de la primera fase de monitoreo, realizado en la fecha 09 de Julio del 2024.

Tabla 5

Monitoreo #1 desarrollo de tallos

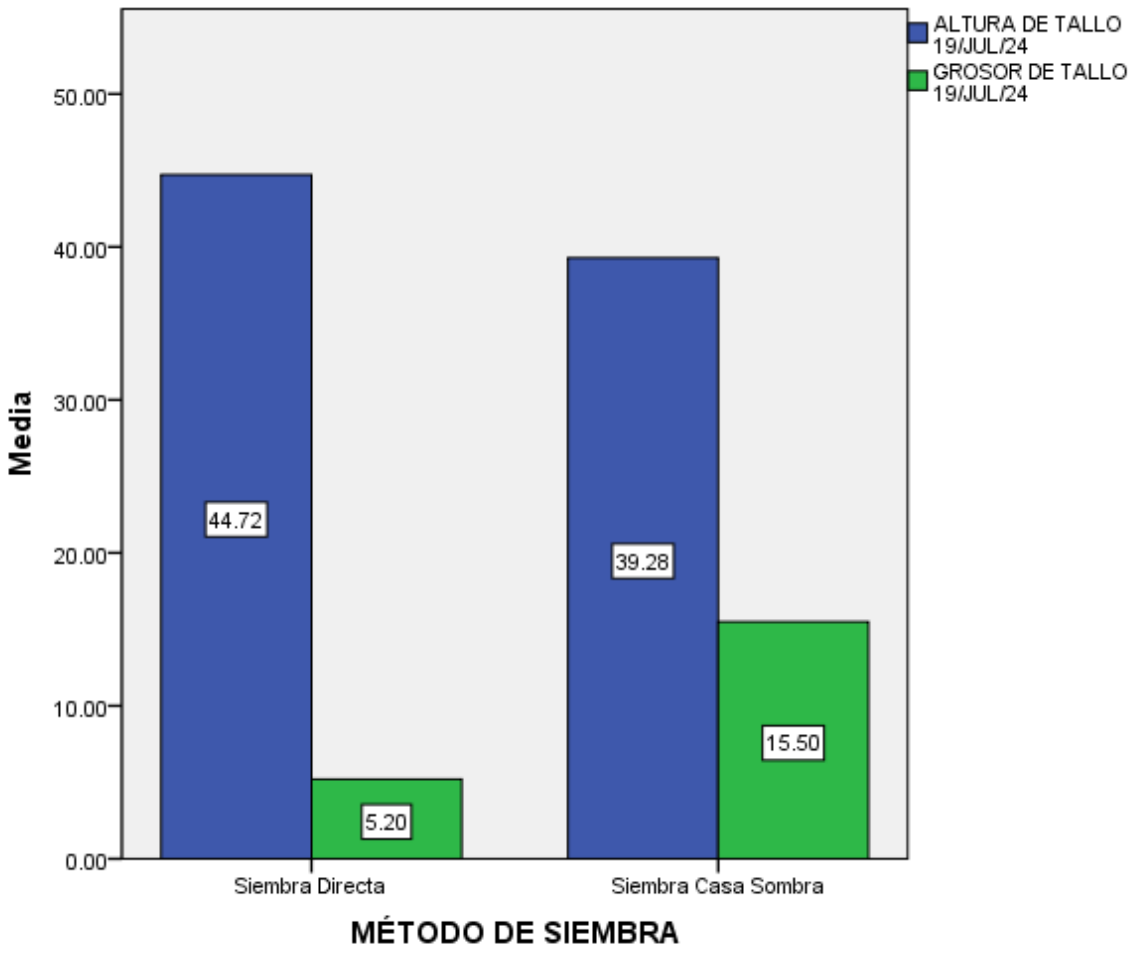
	Altura De Tallo 09/07/24		Grosor De Tallo 09/07/24	
	SD	CS	SD	CS
Datos Totales	18	18	18	18
Media	44.72	39.28	5.20	15.50
Mediana	43.50	39	5	16
Moda	43	39	5	17
Desviación Standard	3.16	4.52	0.46	1.47
Mínimo	40	32	4.50	12
Máximo	50	49	6	17

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados presentados en la tabla 5 se observa que el método casa sombra mostró una media de grosor de tallo considerablemente superior 15.50 cm en comparación con SD 5.20 cm. Esto refleja el alto vigor inicial de las plántulas de casa sombra, las cuales alcanzaron una altura promedio de 43 cm al momento del trasplante gracias al ambiente controlado. En primera fase, la siembra directa fue ligeramente más uniforme en altura desviación estándar de 3.16 que en casa sombra una desviación estándar de 4.52, pero casa sombra mantuvo una ventaja significativa en grosor. En la siguiente figura se expresan los resultados de manera gráfica evaluando los valores medios de las variables de altura de tallo y grosor de tallo.

Figura 5

Monitoreo #1 desarrollo de tallos



Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se observa de manera gráfica que en la variable de altura detallo (barra azul) un valor mayor en método de SD 44.72 en comparación a CS 39.28, con respecto a la variable de grosor de tallo se observa un incremento de parte de CS con 15.50 en comparación a SD con 5.20 (valores expresados en cm).

- **Monitoreo día 31 de agosto del 2024**

En la siguiente tabla se muestran valores los datos recolectados de la segunda fase de monitoreo, realizado en la fecha 31 de agosto del 2024.

Tabla 6

Monitoreo #2 desarrollo de tallos

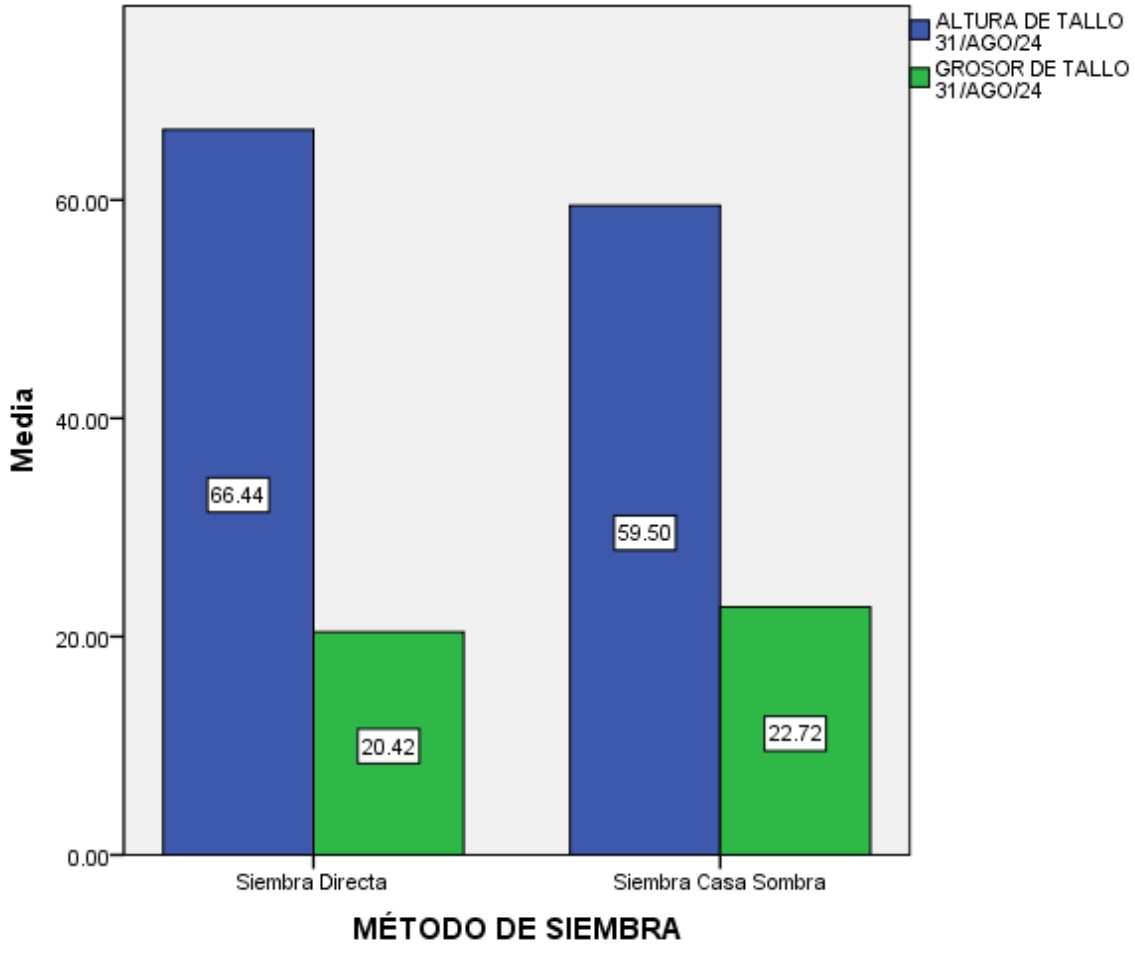
	Altura De Tallo 31/08/24		Grosor De Tallo 31/08/24	
	SD	CS	SD	CS
Datos Totales	18	18	18	18
Media	66.44	59.50	20.42	22.72
Mediana	66	58.50	20.50	22
Moda	69	58	23	22
Desviación Standard	5.65	6.05	3.40	2.16
Mínimo	56	51	15	19
Máximo	83	76	28.50	28

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados presentados en la tabla 6 se observa que en el método CS mantuvo una ventaja en grosor con 22.72 cm sobre SD con 20.42 cm. La desviación estándar del grosor de CS con 2.16 comenzó a ser menor que la de SD con 3.40, indicando que las plantas de Casa Sombra estaban logrando mayor uniformidad con la variable de grosor del tallo. En la siguiente figura se expresan los resultados de manera gráfica evaluando los valores medios de las variables de altura de tallo y grosor de tallo.

Figura 6

Monitoreo #2 desarrollo de tallos



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se observa de manera gráfica que en la variable de altura de tallo (barra azul) un valor mayor en método de SD 66.44 en comparación a CS 59.50, con respecto a la variable de grosor de tallo (barra verde) se observa un incremento de parte de CS con 22.72 en comparación a SD con 20.42 (valores expresados en cm).

- **Monitoreo día 25 de octubre del 2024**

En la siguiente tabla se muestran valores los datos recolectados de la tercera fase de monitoreo, realizado en la fecha 25 de octubre del 2024.

Tabla 7

Monitoreo #3 desarrollo de tallos

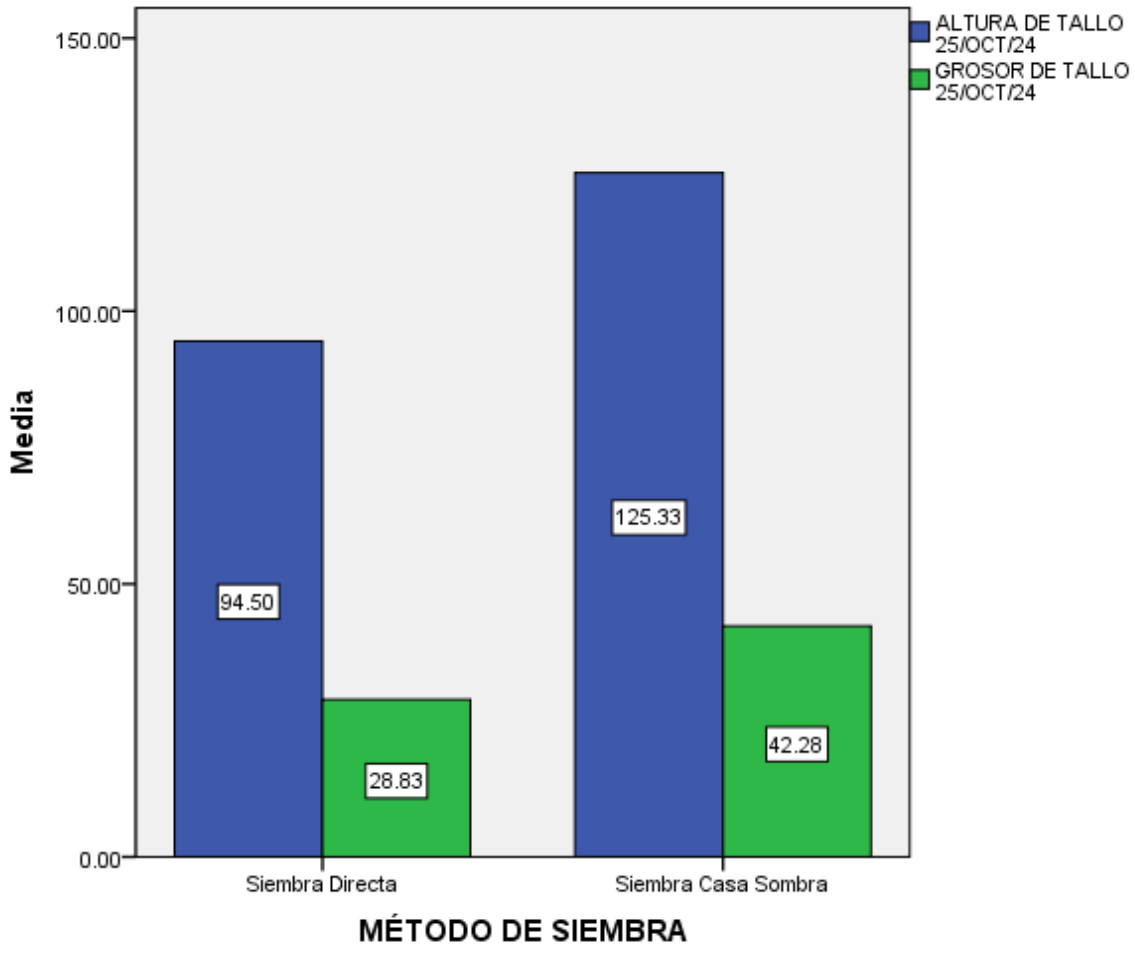
	Altura De Tallo 25/10/24		Grosor De Tallo 25/10/24	
	SD	CS	SD	CS
Datos Totales	18	18	18	18
Media	94.50	125.33	28.83	42.28
Mediana	91.50	123.50	29	41.50
Moda	90	110	30	39
Desviación Standard	14.90	11.06	6.01	4.73
Mínimo	68	110	19	33
Máximo	140	143	49	50

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados presentados en la tabla 7 se observa un cambio crítico donde CS superó significativamente a SD tanto en altura con 125.33 cm vs 94.50 cm de CS como en grosor 42.28 cm de SD vs 28.83 cm de CS. En este punto se demostró que las plantas de CS eran significativamente más uniformes que las de SD, con una desviación estándar de 11.06 de altura para SD vs 14.90 de SD y 4.73 para grosor vs 6.01 de SD. Esto apoya el principio de que el ambiente controlado genera un crecimiento más homogéneo. En la siguiente figura se expresan los resultados de manera gráfica evaluando los valores medios de las variables de altura de tallo y grosor de tallo.

Figura 7

Monitoreo #3 desarrollo de tallos



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 7 se observa de manera gráfica un cambio crítico donde CS superó significativamente a SD en la variable de altura de tallo (barra azul) un valor mayor en método de CS con 125.33 cm en comparación a SD con 94.50, con respecto a la variable de grosor de tallo (barra verde) se observa un mayor valor medio de parte de CS con 42.28 en comparación a SD con 28.83 (valores expresados en cm).

- Monitoreo día 08 de enero del 2025

Tabla 8

Monitoreo #4 desarrollo de tallos

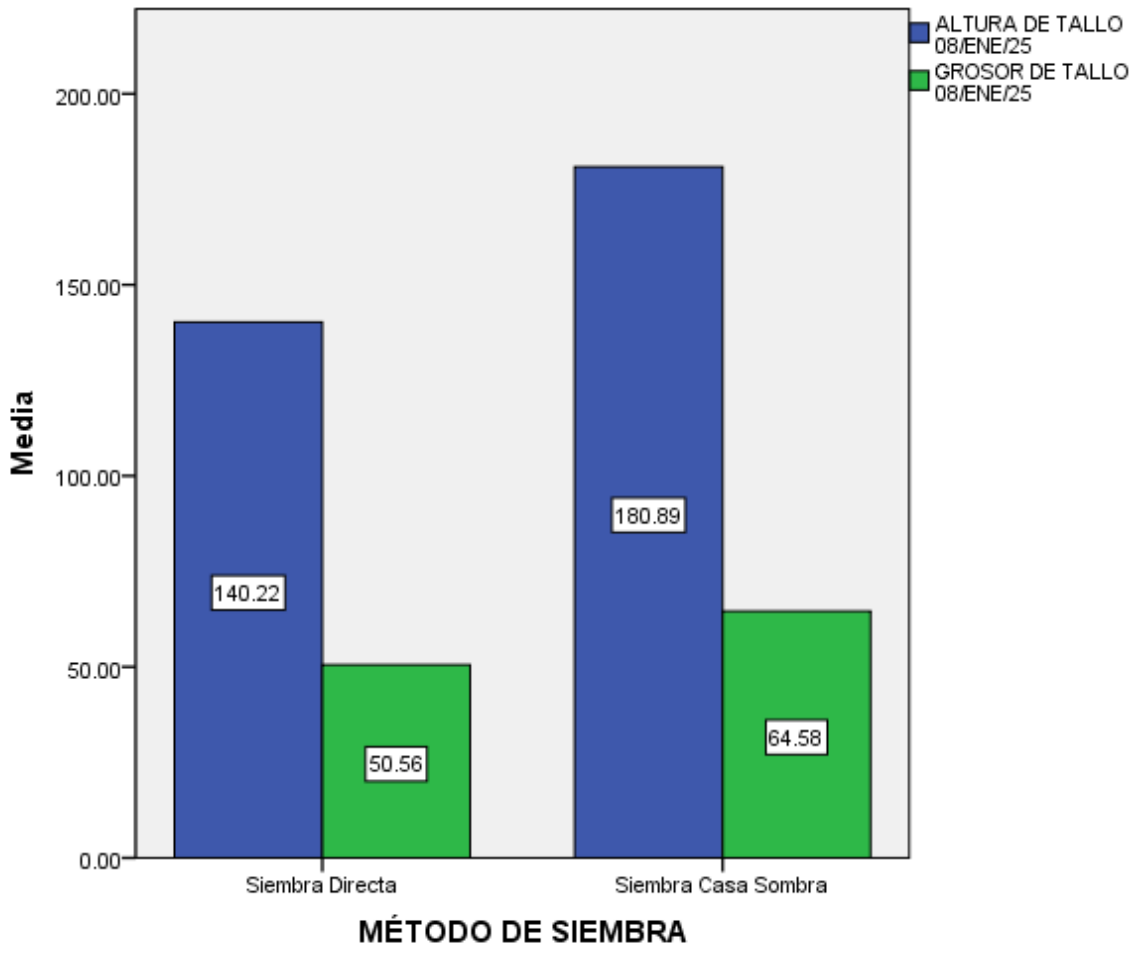
	Altura De Tallo 08/01/25		Grosor De Tallo 08/01/25	
	SD	CS	SD	CS
Datos Totales	18	18	18	18
Media	140.22	180.89	50.56	64.58
Mediana	138	176	51	63
Moda	139	176	52	63
Desviación Standard	25.48	14.84	9.39	5.33
Mínimo	73	160	23	57
Máximo	202	213	70	76.50

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados presentados en la tabla 8 se observa un cambio crítico donde CS superó significativamente a SD tanto en altura con 180.89 cm vs 140.22 cm como en grosor con 64.58 cm vs 50.56 cm. En este punto se demostró que las plantas de CS eran significativamente más uniformes que las de SD, con una desviación estándar de altura de con 14.84 vs 25.48 de SD y para grosor con 5.33 en CS vs 9.39 de SD. Esto apoya el principio de que el ambiente controlado genera un crecimiento más homogéneo. En la siguiente figura se expresan los resultados de manera gráfica evaluando los valores medios de las variables de altura de tallo y grosor de tallo.

Figura 8

Monitoreo #4 desarrollo de tallos



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8 se observa de manera gráfica el aumento de los valores de la CS donde superó significativamente a SD en la variable de altura de tallo (barra azul) un valor mayor en método de CS con 180.89 cm en comparación a SD con 140.22 cm, con respecto a la variable de grosor de tallo (barra verde) se observa un mayor valor medio de parte de CS con 64.58 en comparación a SD con 50.56 (valores expresados en cm).

8.2.2. Datos en producción de hojas

En los datos presentados se expresan valores de media, mediana, moda, desviación estándar, mínimo y máximo de las variables de desarrollo como son los datos de desarrollo de hojas que incluye: número de hojas producidas, largo de hoja y grosor de hoja, estos datos fueron recolectados al momento de la floración, considerando el tiempo de desarrollo vegetativo máximo.

Tabla 9

Producción de hojas

	Número De Hojas		Largo De Hojas		Ancho De Hojas	
	SD	CS	SD	CS	SD	CS
Datos Totales	18	18	18	18	18	18
Media	6	7	98	135.94	51.97	72.55
Mediana	6	7	100.50	137.50	54.50	73.50
Moda	6	7	113.50	131	37	68
Desviación Standard	1.28	.76	19.84	8.35	10.09	4.04
Mínimo	4	6	61	122.50	34.50	67
Máximo	8	8	140.50	149	68	78

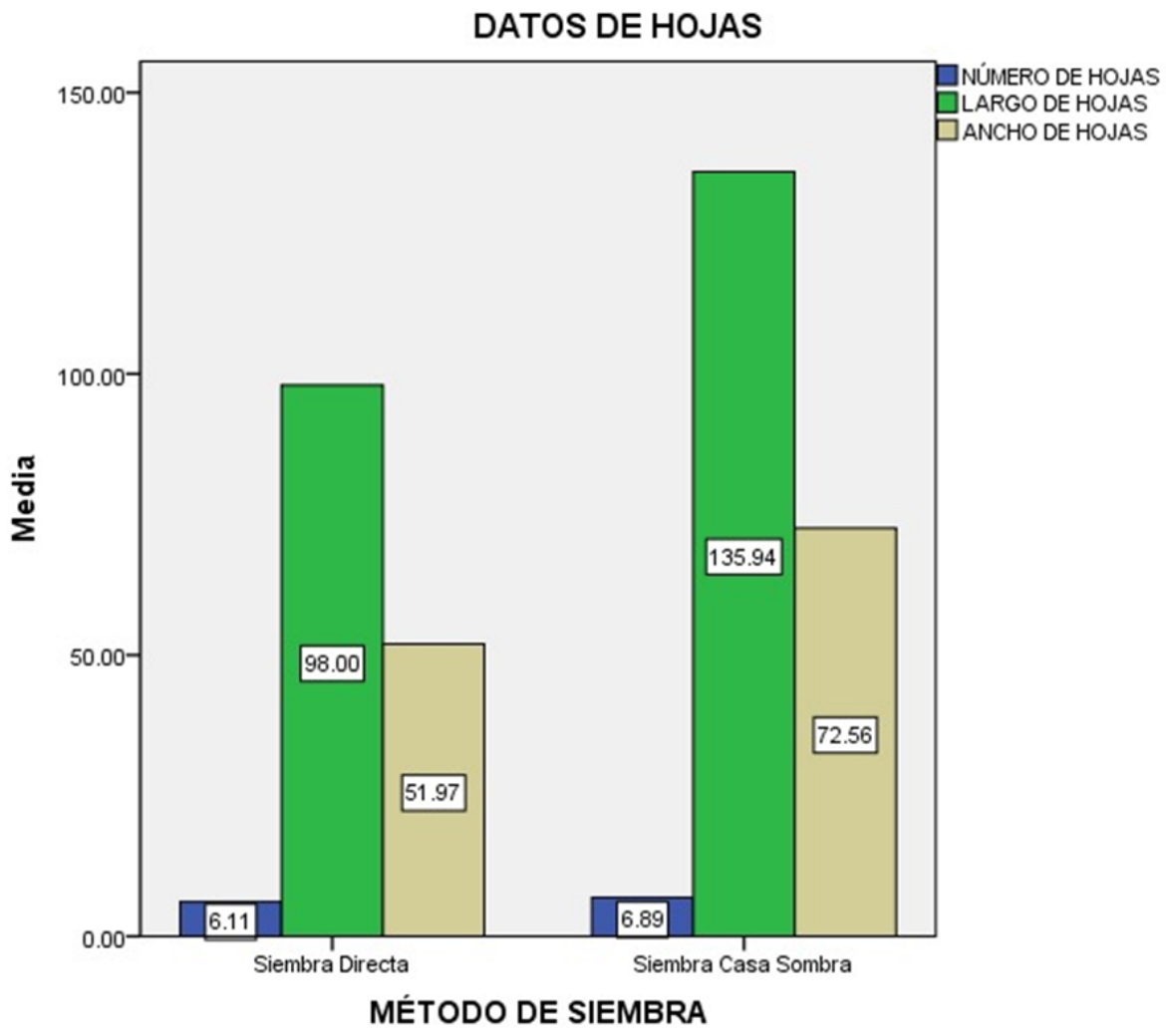
Fuente: Elaboración propia.

Según los datos presentado en la tabla 9 se observa que las plantas de CS produjeron más hojas en promedio 7 vs 6 de SD. Además, las hojas de CS fueron significativamente más largas 135.94 cm vs 98.00 cm y más anchas 72.55 cm vs 51.97 cm que las de SD. Se indican que CS generó un follaje más grande y uniforme, otorgando una capacidad

fotosintética superior en las plántulas de CS. En la siguiente figura se expresan los resultados de manera gráfica evaluando los valores medios de las variables de número de hojas, largo de hojas y ancho de hojas.

Figura 9

Datos de variable de desarrollo, producción de hojas.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se observa de manera gráfica el aumento de los valores de la CS donde superó significativamente a SD en las tres variables (valores expresados en unidades y cm).

8.2.3. Datos del periodo de floración

En la siguiente tabla se presentan los datos adquiridos de la contabilización de días desde la floración hasta el día de la cosecha.

Tabla 10

Período de floración

	Período En Días	
	SD	CS
Datos Totales	18	18
Media	410.94	405.67
Mediana	426	408.50
Moda	433	419
Desviación Standard	28.76	15.02
Mínimo	373	373
Máximo	446	419

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la fenología de cosecha, el método de casa sombra resultó en una cosecha ligeramente más temprana 405.67 en comparación a siembra directa con 410.94 días. El método casa sombra resultó en una cosecha más temprana y significativamente más uniforme en términos de tiempo.

Figura 10

Datos de floración



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10 se observa de manera gráfica una diferencia de 5 días en los valores expresando que el método de siembra casa sombra obtuvo una floración más temprana y uniforme en comparación con el método de siembra directa con una floración ligeramente más tardía y poco uniforme en el tiempo, lo que nos otorga una planificación de cosecha más precisa.

8.2.4. Población y selección de muestra (unidad de análisis)

El estudio se basa en un diseño de siembra de doble hilera, optimizado para el manejo de espació y recurso. Los parámetros técnicos establecido es entre distancia de plantas de 1.2 metros y entre surcos de 4.5 metros, basado en una unidad de área estándar de 10,000 metros cuadrado (hectárea), dando los siguientes resultados, para un tramo de 100 metros, se establece una capacidad de 83 plantas, contemplando 44 hileras por hectáreas considerando el ancho de calle y la doble línea de siembra, y en bajo condiciones ideales (100% de germinación y supervivencia), el predio tendría una capacidad de 3652 plantas.

Analizando la pérdida y población efectiva de prever la rentabilidad económica, se ha aplicado un margen de pérdida del 15%. Es un porcentaje fundamental en la planificación de agrícola, esto evita la sobreestimación de la cosecha lo cual es ideal para la tomar la decisión financiera para la rentabilidad. A continuación, se representa en la tabla

Tabla 11

Marco de siembra

Marco de siembra						
	Mts	Longitud/Surco Mts	Ha Planta/Hilera	Número Hilera	Hilera/Ha	
Distancia/planta	1.2	100	83		83	
Distancia/Surco	4.5	100	22.2	2	44	
Total, Plantas					3652	
15% perdidas,85% efectivas					3104.2	Ha
					2172.94	Mz

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 11 indica que, bajo el marco de siembra propuesto, la capacidad máxima es de 3,652 plantas por hectárea. No obstante, al considerar una pérdida estimada del 15%, la población efectiva se reduce a 3,104 plantas por hectárea, proporcionando una estimación más realista para la planificación productiva y el análisis de rentabilidad del cultivo.

8.3. Comparativo de producción y calidad final de los métodos de siembra.

Este análisis se alinea con el tercer objetivo específico: determinar si la implementación del método de siembra en bolsa dentro de casa sombra conlleva a un aumento en la producción por área producida y en la calidad del producto final, en comparación con el método tradicional.

Tabla 12

Tabla comparativa de desarrollo, producción y rendimiento

Variables evaluadas	Siembra tradicional	Siembra en casa sombra
Variables de desarrollo vegetativo		
Altura del tallo	Media	Alta
Grosor del tallo	Medio	Alto
Número de hojas	Medio	Alto
Largo de hojas	Medio	Alto
Ancho de hojas	Medio	Alto
Vigor inicial de la planta	Medio	Alto
Uniformidad del cultivo	Baja	Alta
Sanidad vegetal	Media	Alta

Variables de cosecha		
Número de frutos producidos	Alto	Medio–Alto
Peso del racimo	Alto	Medio–Alto
Peso del fruto individual	Medio	Alto
Largo del fruto	Medio	Alto
Ancho del fruto	Medio	Alto
Grosor del fruto	Medio	Alto
Calidad comercial del fruto	Media	Alta
Aspectos productivos		
Tiempo a establecimiento	Mayor	Menor
Porcentaje de supervivencia	Medio	Alto
Costo inicial	Medio	Medio–Alto
Rendimiento final	Medio	Medio–Alto

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que la siembra de casa sombra presentó un mejor desempeño general que la siembra tradicional, destacándose por un mayor desarrollo vegetativo, mejor uniformidad y sanidad del cultivo, así como fruto de mayor tamaño y calidad comercial, mostro un menor tiempo de establecimiento, una mayor supervivencia de las plantas y un rendimiento final superior, aunque la siembra tradicional registro un mayor número de fruto y peso de racimos, la casa sombra ofreció ventajas agronómicas que favorecen la productividad y la calidad del cultivo del plátano.

8.3.1. Producción por área.

La producción por área se evaluó mediante el cálculo final del Rendimiento Productivo (ton/ha). Este cálculo se basó en el peso promedio de los frutos cosechados, proyectando el rendimiento total del cultivo en el área experimental de 902 m2 a una hectárea (10,000 m2).

Rendimiento productivo por ha

Área de terreno = ha

$$\text{Á}\boldsymbol{rea\ del\ terreno}\ (\boldsymbol{m2}) = \boldsymbol{Ancho\ del\ terreno}\ (\boldsymbol{m})\boldsymbol{xLongitud\ del\ terreno}\ (\boldsymbol{m})$$

$$\text{Á}\boldsymbol{rea\ del\ terreno}\ (\boldsymbol{m2}) = \boldsymbol{100 * 100 = 10,000\ m2}$$

Número de planta por surco individual

$$\boldsymbol{N}\text{ú}\boldsymbol{mero\ de\ plantas\ por\ surco} = \boldsymbol{Largo\ del\ surco}\ (\boldsymbol{m})/\boldsymbol{Espaciamiento\ entre\ planta}\ (\boldsymbol{m})$$

$$\frac{\boldsymbol{100m}}{\boldsymbol{1.2m}} = \boldsymbol{83.33}$$

Se estableció una capacidad de 83 plantas y contemplando 44 hileras por hectárea, teniendo en una hectárea 3652 planta por hectárea.

Número promedio de frutos por planta en la muestra

Entre siembra tradicional y casa sombra fue un total de 36 número de plantas de muestra que se tomó, dividiendo 18 muestra de cada método de siembra.

Número total de frutos por racimos un promedio de 31, con 18 muestra recolectada dando un alrededor total en la siembra directa de 698 frutos cosechados y en casa malla 621 frutos cosechados, dando un total de 1,319 frutos recolectados considerando ambos métodos de siembra.

Rendimiento total

Plantas por hectárea

$$\boldsymbol{planta\ por\ surco * número\ total\ de\ surco}$$

$$\boldsymbol{83 * 44 = 3,652\ plantas/ha}$$

Sacando un 85% de floración de la 3,652 equivalente a: 3,104 población de plantas

Rendimiento por ha

Rendimiento total por siembra directa peso promedio de 38.78lb=17.5903 kg/planta

$$\boldsymbol{17.5903\ kg * 3,104\ plantas\ = 54,600.2912\ Kg/ha}$$

Rendimiento total por casa sombra peso promedio de 34.94lb= 15.8485kg/planta

$$\boldsymbol{15.8485\ kg * 3,104\ plantas\ = 49,193.744\ Kg/ha}$$

Tabla 13:

Comparación de rendimiento productivo.

	Siembra Directa	Casa Sombra
Área de terreno (M2)	10,000	
N° de planta por surco	83.33	
Planta por surco	3,652	
Pérdida con 85% de efectivad	3,014	
Rendimiento Kg/Ha	54,600.29	49,193.74

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados del cálculo de rendimiento productivo observados en la tabla 16 el método de siembra directa obtiene un rendimiento mayor por 5,406.5 Kg/ha por encima del método casa sombra.

8.3.2. Calidad del producto final.

La calidad del fruto es un factor clave para la rentabilidad, especialmente para el mercado externo que exige plátanos grandes, limpios y sin daños. Las variables de calidad evaluadas incluyeron: número de frutos por planta, grosor del fruto, longitud del fruto, peso de los frutos por planta, color y afectaciones de pigmentación.

El muestreo de los frutos por racimo permitió obtener datos representativos las variables de cosecha y de la calidad de estos.

Figura 11

Comparación cualitativa cosecha



Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la figura número 11 una comparación cualitativa de dos racimos, una de recolectada del método de siembra casa sombra y otra recolectada del método de siembra directa, la diferencia es específicamente visible en la imagen superior donde la unidad de plátano es notablemente más largo y con mas grosor, el llenado del fruto es consistente lo que traduce directamente mejor valor comercial, y de la siembra directa se observa una menor uniformidad y calidad por unidad de plátano.

Figura 12

Comparación cualitativa cosecha

SIEMBRA
CASA SOMBRA



SIEMBRA DIRECTA



Fuente: Elaboración propia.

La siembra bajo de casa sombra produjo frutos con mejor calibre y mayor uniformidad, es decir característica que se asocian directamente con un mayor calidad, mientras que la siembra directa resulto con mayor número de dedos, pero frutos más pequeños y bajo de rendimiento.

8.4. Comparación estadística y económica de cosecha del cultivo.

8.4.1. Análisis estadístico de cosecha.

En este análisis se determinaron las diferencias existentes en el rendimiento productivo entre los dos tratamientos evaluados siembra directa y siembra en bolsa dentro de casa sombra. La metodología implementó un diseño de Bloque Completo al Azar (BCA) con dos tratamientos y tres repeticiones por cada tratamiento, utilizando 36 plantas como muestra en total, lo que asegura la validez de los resultados.

Los datos de cosecha analizados incluyeron el número y peso promedio de los frutos por planta. La comparación estadística permite validar o refutar las hipótesis de la investigación al comparar los restados de rendimiento (ton/ha) obtenidos de las parcelas.

8.4.2. Datos de cosecha

Tabla 14

Datos de cosecha por racimos

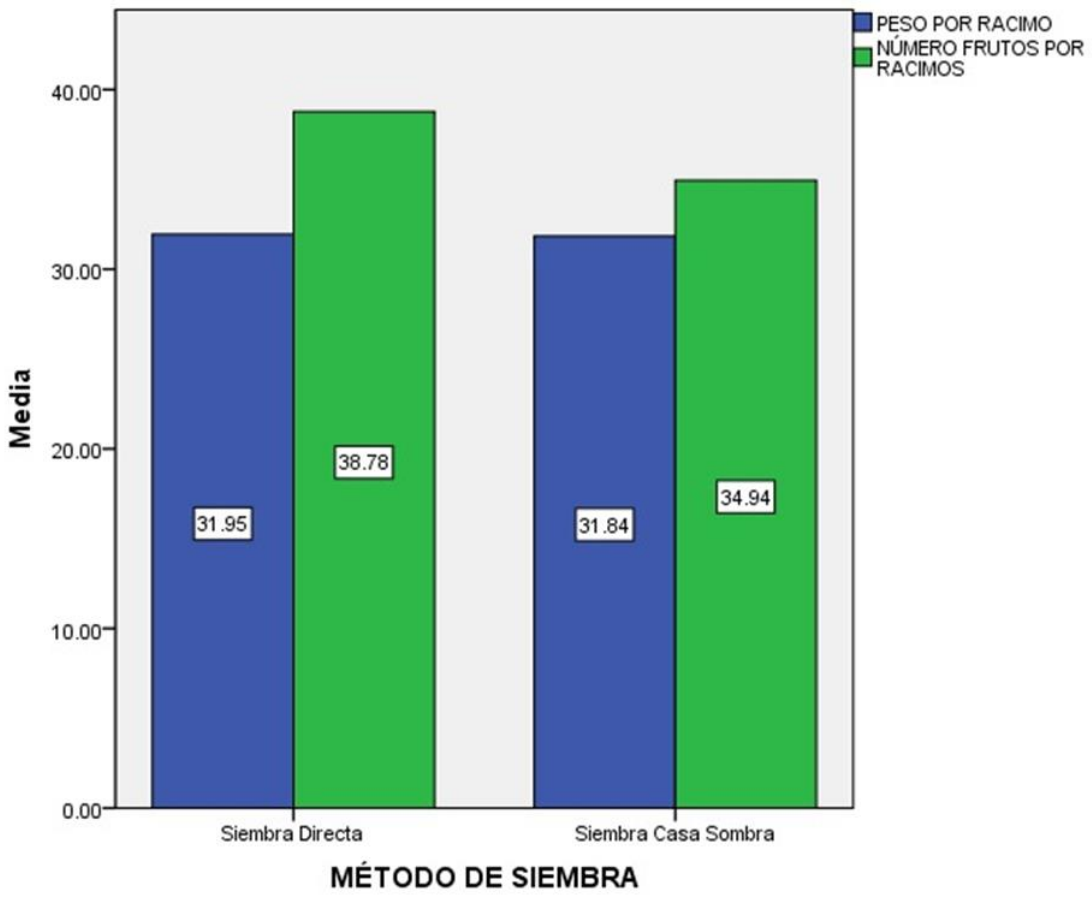
	Peso por racimo		Número de frutos	
	SD	CS	SD	CS
Datos Totales	18	18	18	18
Media	31.95	31.84	38.78	34.94
Mediana	32.84	31.15	38.50	34.50
Moda	33.05	37.15	35	32
Desviación Standard	3.62	5.00	4.36	6.29
Mínimo	20.70	24.70	32.00	22
Máximo	38.45	40.35	50	46

Fuente: Elaboración propia

En los datos mostrados en la table 14 se observa que en ambas metodologías mostraron un desempeño prácticamente idéntico, con un peso promedio de 31.95 libras por racimo para SD y 31.84 libras por racimo para CS. Esto sugiere que la técnica de propagación en vivero no influyó de manera significativa en la cantidad total de frutos por racimo cosechados, en la siguiente figura se presentan de manera gráfica los valores promedios de los datos de peso por racimo y numero de frutos producidos por racimo en ambos métodos de siembra.

Figura 13

Datos de cosecha por racimos



Fuente: Elaboración propia.

Lo mostrado en la figura número 13, nos describe una respuesta muy similar por parte de ambos métodos de siembra, los valores de peso por racimos con una diferencia mínima, sin embargo se observan se observa una diferencia notable en los valores de unidad de frutos producidos por racimo, lo que nos indica que el peso por unidad de fruto es mayor en las unidades de plátano producidas con el método de siembra casa sombra, arrojando valores que nos indican una menos cantidad pero una mayor calidad por unidad de fruto producido.

Datos de cosecha unidad de cuerno

Tabla 15

Datos de cosecha por unidad de cuerno

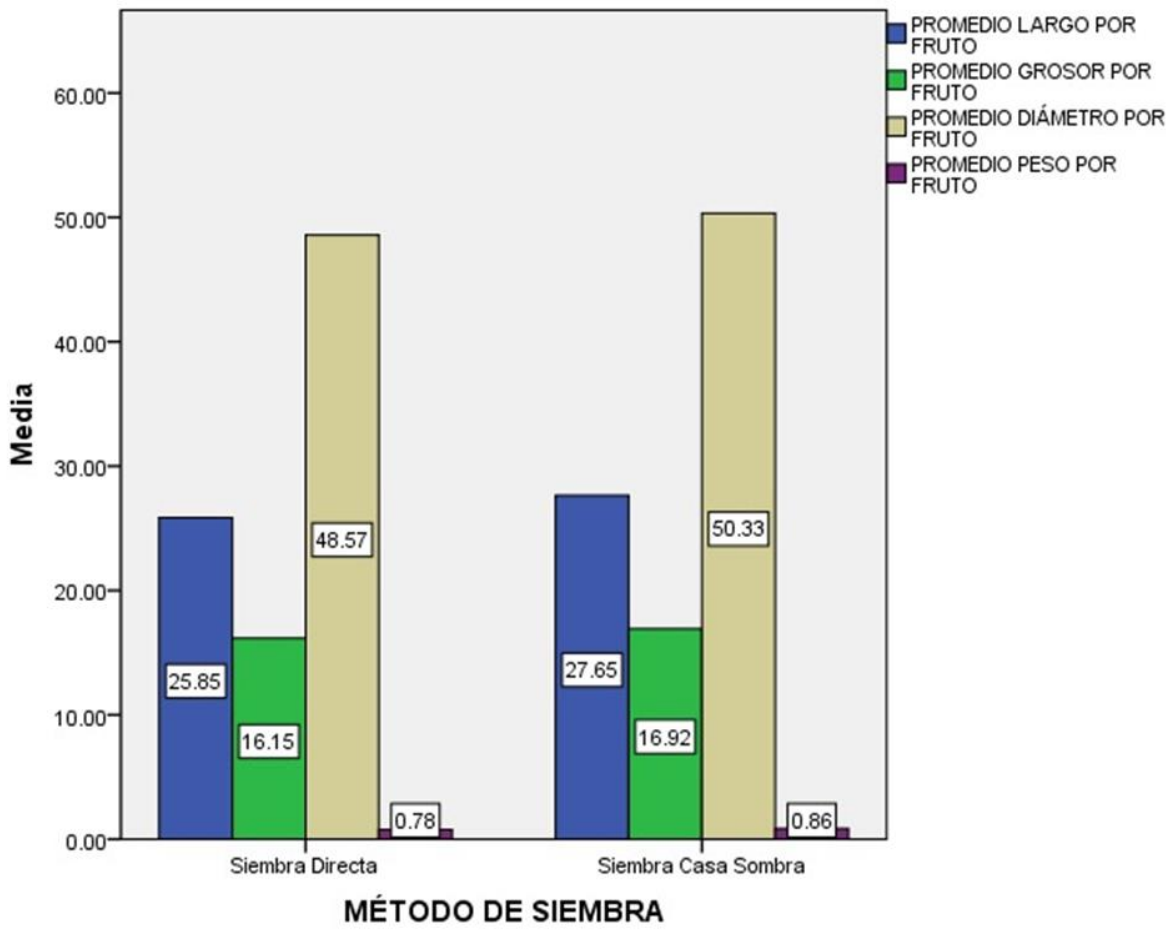
	Peso de fruto		Longitud de fruto		Diámetro de fruto		Grosor de fruto	
	SD	CS	SD	CS	SD	CS	SD	CS
Datos Totales	698	621	698	621	698	621	698	621
Media	0.78	0.84	25.81	27.58	48.54	50.39	16.13	16.83
Mediana	0.77	0.83	26	28	49	51	16	17
Moda	0.75	0.75	26	30	50	51	16	17
Desviación Standard	0.17	0.20	2.47	3.01	4.38	4.64	1.31	1.22
Mínimo	0.30	0.38	15	16	36	36	12	13
Máximo	1.62	1.55	41	36	67	71	24	24

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de cosecha presentado en la tabla 15 son que las dimensiones del fruto también favorecieron a CS, indicando un mejor calibre. Longitud de fruto fue mayor en CS 27.58 que en SD 25.81. El diámetro de fruto siguió esta tendencia, siendo mayor en CS 50.39 que en SD 48.54. Aunque la SD fue ligeramente mayor en CS para peso, longitud y diámetro, la superioridad consistente de sus medias en las variables de calibre longitud, grosor y peso, valida que el ambiente controlado de la primera etapa promovió un mejor llenado del fruto, datos mostrados de manera gráfica en la siguiente figura.

Figura 14

Datos de cosecha por unidad de cuerno



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14 muestra la comparación de las características físicas promedio de los frutos totales obtenidos mediante siembra directa y siembra casa sombra, en todas las variables evaluadas, el método de casa sombra presento valores superiores, registrando promedio de 27.65 cm, grosor de 16,92 cm, diámetro de 50,33 cm y peso de 0,86 lb por fruto, frente a 25,85 cm, 16,15 cm, 48,57 cm y 0,78 lb, respectivamente, en siembra directa. Estos resultados evidencian una mejora en el tamaño y peso de los frutos producidos bajo casa sombra.

8.4.3. Análisis económico de la cosecha

Este análisis de viabilidad económica requirió un presupuesto detallado de los costos asociados a cada actividad para ambos sistemas de producción. La discusión determinó que si es posible el incremento en la producción y la mejora en la calidad del fruto compensan la inversión adicional del sistema de Casa Sombra en comparación con los costos más bajos y la eliminación de la necesidad de viveros y trasplantes del método de Siembra Directa.

- Detalle de costos implemento del método de siembra directa

A continuación, se detallan los costos operativos de la siembra directa, resumiendo la inversión en insumos, preparación de suelo y labores agrícolas necesarias para el manejo de una hectárea de cultivo

Tabla 16

Tabla de costos operativos siembra directa

No.	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTI	COSTO	TOTAL
I	**PREPARACION DE SUELO**				
1.1	Subsoleo	pase	1	2000	2,000.00
1.2	Romplone	pase	1	1800	1,800.00
1.3	Grada 1	pase	1	1000	1,000.00
1.4	Grada banca	pase	1	1000	1,000.00
1.5	Raya siembra (Tiburón)	Pase	1	1000	1,000.00
1.6	Hoyado	pase	2200	0.5	1,100.00
II	**SIEMBRA**				
2.1	Semilla vegetativa	Cormos	2200	6	13,200.00
2.2	Limpieza y desinfección de semilla vegetativa	D/H	8	250	2,000.00
2.3	siembra en campo	D/H	8	250	2,000.00
III	**INSUMOS**				
3.1	Curador	kg	1	1450	1,450.00
3.2	Clorotalonil liquido (fungicida)	litro	2	520	1,040.00
3.3	Raizal	kg	0.5	1300	650.00
3.4	Fertilizante 18-46-0	QQ	2.75	1850	5,087.50
3.5	Fertilizante 15-15-15	QQ	5.25	1450	7,612.50
3.6	Nutrisuprema	QQ	5.5	1650	9,075.00

3.7	Sulfato de Amonio	QQ	8	720	5,760.00
IV	**RIEGO HORAS D E RIEGO**	KWH	5605.5	4.6383	25,999.99
4.1		31 x 6 MESES	180		
V		MANEJO DE MALEZAS			
5.1	Deshierbe manual (3 d/h Por pasada	D/H	24	250	6,000.00
5.2	Deshierbe mecanizada	Pase	6	800	4,800.00
VI		LABORES CULTURALES			
6.1	Aplicaciones fertilizantes	D/H	12	250	3,000.00
6.2	Aplicaciones de fungicidas e insecticidas	D/H	8	250	2,000.00
	Deshoje	D/H	6	250	1,500.00
VII		COSECHA			
7.1	Cosecha manual	D/H	4	250	1,000.00
	COSTO TOTAL CORDOBAS				100,074.99

Fuente: Elaboración propi

El análisis de costo del cultivo de plátano bajo el método de siembra directa mostró un costo total de producción de C$100,074.99 por Ha, esto indica que los rubros con mayores costos de producción estuvieron asociado al riego y a la nutrición del cultivo.

- Detalle de costos implemento del método de siembra casa sombra

A continuación, se detallan los costos operativos de la siembra casa sombra, resumiendo la inversión en insumos, preparación de suelo y labores agrícolas necesarias para el manejo de una hectárea de cultivo.

Tabla 17

Tabla de costos operativos siembra casa sombra

No.	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTI	COSTO	TOTAL
I		**PREPARACION DE SUELO**			
1.1	Subsoleo	pase	1	2000	2,000.00
1.2	Romplone	pase	1	1800	1,800.00
1.3	Grada 1	pase	1	1000	1,000.00
1.4	Grada banca	pase	1	1000	1,000.00
1.5	Raya siembra (Tiburón)	Pase	1	1000	1,000.00
1.6	Hoyado	pase	2200	0.5	1,100.00
II		**SIEMBRA**			
2.1	Semilla vegetativa	Cormos	2200	6	13,200.00
2.2	Limpieza y desinfección de semilla vegetativa	D/H	6	250	1,500.00
2.3	siembra en campo	D/H	5	250	1,250.00

III		**INSUMOS**			
3.1	Curador	kg	1	1450	1,450.00
3.2	Clorotalonil liquido (fungicida)	litro	2	520	1,040.00
3.3	Raizal	kg	0.5	1300	650.00
3.4	Fertilizante 18-46-0	QQ	2.75	1850	5,087.50
3.5	Fertilizante 15-15-15	QQ	5.25	1450	7,612.50
3.6	Nutrisuprema	QQ	5.5	1650	9,075.00
3.7	Sulfato de Amonio	QQ	8	720	5,760.00
IV	**RIEGO HORAS D E RIEGO**	KWH	2155.96	4.6383	9,999.99
4.1		31 x 6 MESES	180		
V		MANEJO DE MALEZAS			
5.1	Deshierbe manual (3 d/h Por pasada	D/H	15	250	3,750.00
5.2	Deshierbe mecanizada	Pase	2	800	1,600.00
VI		LABORES CULTURALES			
6.1	Aplicaciones fertilizantes	D/H	12	250	3,000.00
6.2	Aplicaciones de fungicidas e insecticidas	D/H	8	250	2,000.00
6.3	Deshoje	D/H	3	250	750.00
VII		COSECHA			
7.1	Cosecha manual	D/H	4	250	1,000.00
	COSTO TOTAL CORDOBAS				76,624.99

Fuente: Elaboración propia

El análisis económico del cultivo de plátano de la casa sombra registro un costo total de producción de C$ 76,624.99 por Ha, en comparación con otros rubros, las labores de manejo de malezas y labores culturales representaron una menor participación, lo que indica que la producción baja presenta una estructura de costos dominada por la nutrición del cultivo y el establecimiento inicial, manteniendo un costo total relativamente eficiente.

- Ingresos de ventas siembra directa

A continuación, se detallan los ingresos generados por la venta de la cosecha en siembra directa, desglosando el valor obtenido según la clasificación de calidad comercial del fruto por planta y hectárea.

Tabla 18

Ingresos venta de cosecha en siembra directa

CALIDAD	P/UN	CANT/ RACIMO	TOTAL, C$
PRIMERA	7	16	112
SEGUNDA	3.5	9	31.5
COLA	1.2	14	16.8
		TOTAL/PLANTA	160
PLANT/Ha	3104	INGRESO/Ha	C$ 496,672.00

Fuente: Elaboración propia

El sistema de siembra directa obtuvo un ingreso de C$ 160.00 por planta, equivalente a C$496,672.00 por Ha, los frutos de primera calidad aportaron 16 unidades por racimo, generando C$112.00 por planta, aunque presento una mayor cantidad de frutos de segunda y cola, el menor número de frutos de primera calidad redujo el ingreso total obtenido por hectárea.

- Ingresos de ventas siembra casa sombra

A continuación se detallan los ingresos generados por la venta de la cosecha en siembra casa sombra, desglosando el valor obtenido según la clasificación de calidad comercial del fruto por planta y hectárea.

Tabla 19

Ingreso venta de cosecha en siembra casa sombra

CALIDAD	P/UN	CANT/ RACIMO	TOTAL, C$
PRIMERA	7	22	154
SEGUNDA	3.5	5	17.5
COLA	1.2	8	9.6
		TOTAL/PLANTA	180
PLANT/Ha	3104	INGRESO/Ha	C$ 558,756.00

Fuente: Elaboración propia

El sistema de casa sombra genero un ingreso de C$180.00 por planta, equivalente a C$ 558,756.00 Ha, la mayor contribución al ingreso provino de los frutos de primera calidad, con 22 unidades por racimo, representando C$154.00 por planta. Esto indican una alta proporción de fruta de calidad comercial, favoreciendo un mayor entorno económico por hectárea.

- Diferencias de ingresos comparando ambos métodos

A continuación, se presenta el análisis comparativo de los ingresos totales proyectados por hectárea para ambos métodos de estudio, permitiendo evaluar el valor económico generado por cada sistema de producción en función de su rendimiento y calidad comercial.

Tabla 20

Diferencia de ingresos en ambos métodos de siembra

Concepto	Siembra directa	Siembra casa sombra	Diferencia (C$)	Diferencia (%)
Ingresos totales/Ha	C$ 496,672.00	C$ 558,756.00	C$ 62,084.00	12.5%

Fuente: elaboración propia

El método de casa sombra genera mayor ingreso con un porcentaje de 12.5%, esto radica en la producción y la calidad de la cosecha.

- Diferencias de ingresos comparando ambos métodos

A continuación, se presenta el análisis económico comparativo de ambos métodos de siembra, donde se detallan los ingresos, los costos operativos y la utilidad neta final por hectárea.

Tabla 21

Análisis económico

Detalle Económico	Casa Sombra (C$/Ha)	Siembra Directa (C$/Ha)	Diferencia (C$/Ha)
Ingreso / Ha	558,756.00	496,672.00	62,084.00
Costo / Ha	76,624.99	100,074.99	23,450.00
Utilidad Neta / Ha	482,131.01	396,597.01	85,534.00

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de costo en la utilidad neta genera significativamente mayor por siembra bajo casa sombra teniendo ingresos mayores a siembra directa y un costo menor que la siembra directa, es decir que el método de siembra por casa sombra es económicamente más rentable y eficiente, por los beneficios de calidad y calibre superiores del plátano.

8.5. Comprobación de hipótesis

El resultado fundamental de la investigación se observó en el cálculo final del rendimiento productivo proyectado por hectárea. El método de siembra directa demostró un rendimiento de 54,600.29 kg/ha, superando numéricamente al método de siembra en casa sombra, que alcanzó los 49,193.74 kg/ha. Este hallazgo se alinea con la observación de que la siembra directa produjo un mayor número de dedos o frutos por racimo 38.78 (media) frente a la casa sombra 34.94 (media), siendo este el factor principal que impulsó el rendimiento total de biomasa por unidad de área.

Sin embargo, al analizar la relación entre rendimiento y calidad, se evidencia que el método de casa sombra prioriza la calidad, produciendo frutos que son un 7.69% más pesados (0.84 lb frente a las 0.78 lb de la siembra directa) y con mejores dimensiones físicas. Los frutos obtenidos bajo ambiente controlado presentaron una longitud superior (27.58 cm) y un mayor grosor (16.83 cm), características que cumplen con los estándares ideales para el comercio de exportación de alta calidad.

El incremento en la producción no solo fue evaluado desde un enfoque cuantitativo de biomasa, sino también desde una perspectiva cualitativa que aumenta drásticamente el valor comercial del producto. Las variables de cosecha determinaron que el método casa sombra generó frutos de mejor calibre, logrando producir 22 frutos de "primera calidad" por racimo, en comparación con los 16 obtenidos mediante el método tradicional. Esta superioridad cualitativa permitió que la casa sombra generara una utilidad neta de C482,131.01/ha, superando significativamente los C 396,597.01/ha de la siembra directa.

Bajo estos criterios técnicos y económicos, se acepta la Hipótesis de la Investigación (Hi), ya que la adopción del método de propagación de cormos en bolsas incrementó significativamente la producción en términos de valor comercial y calidad exportable. Por ende, se rechaza la Hipótesis Nula (H0).

IX. Conclusión

Se comprobó con éxito que el establecimiento de plántulas en bolsas bajo casa sombra con malla Sarán al 70% permite obtener material vegetativo de alta calidad y vigor inicial Al momento del trasplante, estas plántulas alcanzaron un promedio de 43 cm de altura y 15.5 cm de grosor de tallo (tabla 5), garantizando un establecimiento sano y protegido de plagas iniciales como el picudo.

El monitoreo sistemático confirmó que el método de casa sombra induce un desarrollo fenológico superior y más homogéneo. Las plantas bajo este sistema mostraron una mayor capacidad fotosintética con presencia de mayor área foliar (tabla 9) y alcanzaron la floración de manera más temprana y uniforme en comparación con la siembra directa (tabla 10), lo que permite una planificación de cosecha más precisa.

Se determinó que, aunque la siembra directa generó un mayor rendimiento bruto de biomasa realizando su comparación (tabla 13) (54,600.29 kg/ha vs. 49,193.74 kg/ha), el método de casa sombra es superior en la producción de valor. Este sistema garantizó frutos con mejor calibre, mayor peso individual (tabla 15) y una calidad comercial óptima, logrando producir 22 frutos de "primera calidad" por racimo frente a los 16 obtenidos mediante el método tradicional.

El análisis financiero demostró que el método de casa sombra es económicamente más rentable y eficiente. A pesar de la inversión inicial, presentó costos operativos menores (visto en las tablas 16 y 17) y generó una utilidad neta significativamente mayor (C$ 482,131.01/ha) en comparación con la siembra directa (C$ 396,597.01/ha) (tabla 20), lo que representa un incremento del 12.5% en los ingresos por hectárea.

En conclusión, bajo los criterios técnicos y financieros evaluados, se acepta la Hipótesis de la Investigación (Hi), validando que la propagación en bolsas bajo ambiente controlado optimiza la producción del plátano CEMSA 3/4 en términos de calidad exportable y competitividad económica.

X. Recomendaciones

1- Estudio de Sostenibilidad y Rendimiento a Largo Plazo: Se sugiere realizar un estudio a lo largo de varios ciclos productivos (incluyendo la producción de la "planta madre" y sus "hijos" o retoños) para evaluar la sostenibilidad del método, el impacto en la longevidad de la plantación y el rendimiento acumulado, comparado con el método tradicional.

2- Evaluación de Otras Variedades Comerciales: Se recomienda replicar la metodología de siembra en bolsas bajo casa sombra con otras variedades de plátano de importancia comercial en Nicaragua.

3- Evaluación de la Calidad postcosecha: Investigar el impacto del método de siembra en parámetros de calidad postcosecha del fruto, tales como: vida útil, tasa de maduración, firmeza, contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y susceptibilidad a daños mecánicos durante el transporte y almacenamiento.

4- Implementación y Monitoreo con Agricultura de Precisión: Incorporar tecnologías de agricultura de precisión, como sensores de humedad, temperatura y radiación solar dentro de la casa sombra, para optimizar el manejo del riego y el microclima, generando datos automatizados que permitan un control más eficiente de los recursos.

5- Análisis Económico Financiero Integral: Realizar un análisis de costo-beneficio más detallado que incluya la depreciación de la infraestructura de la casa sombra, el costo de oportunidad de la inversión y una proyección del retorno de la inversión a mediano plazo. Esto proporcionaría a los productores una herramienta financiera más sólida para la toma de decisiones.

6- Uso estratégico de mulch: para suprimir malezas, ayudando el control, de la limpieza de los alrededores de la planta antes de fertilizar es vital para que no haya competencia por nutrientes.

VII. Bibliografía

(2025). Obtenido de https://www.mapa.gob.es/va/ministerio/servicios/informacion/platano_tcm39-102883.pdf

Agropinos. (04 de mayo de 2022). Obtenido de https://www.agropinos.com/blog/beneficios-de-los-invernaderos

Aguilar Maradiada, M., Reyes Castro, G., & Acuña Perez, M. (2004). *Métodos alternativos de propagación de semilla agámica de plátano (Musa sp.).* UNA.

Anchundia, F. M. (2021). *Instituto Nacional de investigacion Agropecuarias.* Obtenido de file:///C:/Users/Dell/Downloads/Gu%C3%ADa%20para%20la%20producci%C3%B3n%20y%20manejo%20integrado%20del%20cultivo%20de%20pl%C3%A1tano%20(2).pdf

APEN. (2008). *Asociación de Productores y Exportadores de Nicaragua .*

Araúz Moreno, L. R., & Sánchez Quintanilla, E. E. (2022). *Diseño de ssistema de riego por micro aspersion para el cultivo del plátano (Musa sp) Variedad cuerno enano, en la finca agricola experimental (FAE-UNI) ubicada en la comunidad la bolsa, municipio de Masaya, departamento Masaya, 2022.* Masaya: UNI.

BASFAgricultura. (09 de Octubre de 2023). *Agriculture.basf.com*. Obtenido de https://agriculture.basf.com/co/es/contenidos-de-agricultura/plagas-enfermedades-banano

Belalcázar, V. &. (1991). *importancia de las hojas.* Colombia .

Berger. (2025). Obtenido de https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y-consejos-practicos/cultivar-invernadero-ventajas-desventajas/

Blird, J. (2 de agosto de 2023). *Fullcons*. Obtenido de https://fullcons.com.ec/blog/guia-malla-saran-polisombra/#:~:text=Reducci%C3%B3n%20de%20la%20evaporaci%C3%B3n%20y,de%20este%20recurso%20tan%20valioso.

Cantillo, E. V. (11 de Diciembre de 2010). *apiciusysuslibros.blogspot.com*. Obtenido de https://apiciusysuslibros.blogspot.com/2010/12/origen-e-historia-del-platano-musa.html

Cayón, L. &. (1994). *Cultivo del platano.* Colombia .

Chemonics International, I. (2025). *PROGRAMA DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE PLÁTANO.* Managua, Nicaragua .

Colombia, B. d. (2026). Obtenido de https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/006711ab-1b81-49cb-80c8-df17e4f9d314/content

Coto, J. (2009). *CENIDA – UNA.* Obtenido de https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/NF01C965mp.pdf

García, A. D., Amador Flores, E. R., & Catón, J. J. (2023). *Diseo de un sistema de riego localizado, para los cultivos de plátano variedad cuerno enano, chiltoma criolla tres cantos y naranja valencia, en la finca la carbonera, ubicada en el municipio de nindirí, departamento de masaya.* Nindirí, Masaya: UNI.

Garcia, J. A. (Mayo de 2020). *SCRIBD.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/606619906/Proyecto-de-Estructura-Para-Cultivos-convertido

González R., P. (2020). *Evaluación de técnicas de vivero en la propagación de plátano.* Managua, Nicaragua .

Infoagro.com. (2025). Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/requerimientos_edafoclimaticos_del_banano.asp

Intagri. (2024). *Intagri.com*. Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero

International, C. (2025). *Guía Práctica para el Cultivo del Plátano.* MCA/Nicaragua.

Jardinday. (23 de Mayo de 2025). Obtenido de https://jardinday.com/malla-sombra/?srsltid=AfmBOoqY58Fi1DCqAyyYomyLB-3gr7iyqtlT5pYMqu3nMomDreGO1g1Z

Mayorga., O. D. (30 de abril de 2020). *Innovación Tecnológica y Sistemas de Producción de Musáceas, Plátano.* Managua, Nicaragua . Obtenido de https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/13928/1/13928.pdf

Medina, A. (2025). *jiffygroup.com*. Obtenido de https://jiffygroup.com/es/noticias/conozca-las-enfermedades-y-plagas-del-platano-y-como-evitarlas/

Restrepo, M. J. (2012). *Manejo fitosanitario del.* Bogota, Colombia. Obtenido de https://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources_2015/TR4/cartilla-platano-ICA-final-BAJA.pdf

Salinas, D. G. (2004). *ECOFISIOLOGÍA Y PRODUCTIVIDAD DEL PLÁTANO.* Oaxaca, Mexico.

Suárez, B. S. (Octubre de 2016). *Comportamiento agronómico del plátano (Musa paradisiaca L.) cv. CEMSA ¾ mediante la selección de cormos en base a rendimiento en Potosí, Rivas (2014-2015).* Managua, Nicaragua. Obtenido de https://repositorio.una.edu.ni/3423/1/tnf01b116.pdf

UNA, C. (2007). *Ficha del Plátano .* Managua, NIcaragua.

XI. Anexos



Fuente: Elaboración propia.

En el anexo número uno se muestra el proceso del estudio edáfico realizado en la zona de siembra, mostrando imágenes representativas de los estudios realizados como: Ph, conductividad eléctrica, textura, densidad aparente, densidad real y humedad.



Fuente: Elaboración propia.

En el anexo número dos se muestras el resultado de la siembra de cormos en bolsas dentro de la casa sombra.



Fuente: Elaboración propia.

En el anexo número tres se muestra el estado de las plántulas desarrolladas por el método de siembra tradicional.



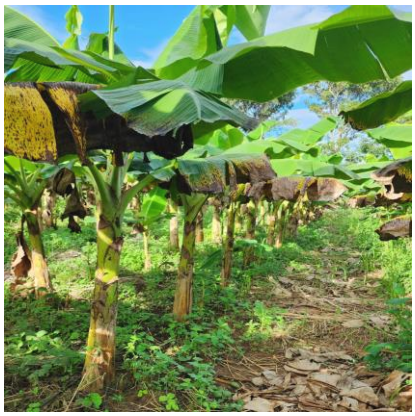
Fuente: Elaboración propia.

En el anexo número cuatro se muestra el estado de las plántulas desarrolladas por el método de siembra de casa sombra.



Fuente: Elaboración propia

En el anexo número cinco se muestra en la etapa de crecimiento y desarrollo de ambos métodos de siembra, teniendo un excelente control de malezas en siembra casa sombra.



Fuente: Elaboración propia

En el anexo número seis de la siembra directa se vio afectado en su etapa de crecimiento la sigatoka negra una enfermedad foliar que afecta al desarrollo y la absorción de fotosíntesis para obtener energía en su crecimiento.



Fuente: Elaboración propia

En el anexo número siete se muestra la selección de las plantas que se utilizó como método BCA, teniendo de manera específica el comportamiento del desarrollo.



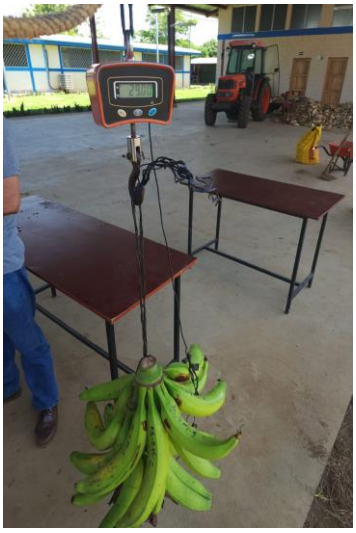
Fuente: Elaboración propia

En el anexo número ocho se demuestra la etapa de la formación de la flor de la “Bellota del plátano” y el desarrollo del racimo y de los dedos.



Fuente: Elaboración propia.

En el anexo número nueve se muestra la etapa de maduración de los dedos del racimo del cultivo de plátano variedad Cemsa ¾



Fuente: Elaboración propia

En el anexo número diez se obtiene el peso del racimo de la cosecha para el estudio y comparación de cada muestra de cosecha obtenida de cada método de siembra.



Fuente: Elaboración propia

En el anexo número once, se demuestra el estudio dado que se realizó en las mediciones de peso por cada dedo de recolección de cosecha en cada método de siembra y hacer la comparación de peso.



Fuente: Elaboración Propia

En el anexo número doces se muestra la medición de grosor del dedo en la que se tomaron por cada uno de método de siembra y realizando la comparación de cada muestra.



Fuente: Elaboración Propia

En el anexo número trece se demuestra la medición del largo del dedo en la que se tomaron por cada uno de método de siembra y realizando la comparación de cada muestra obtenida.