UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE CINCO SUSTRATOS EN LA MULTIPLICACIÓN DE PLÁNTULAS DE PLÁTANO (*Musa sp.*) BELLACO PRODUCIDO EN CÁMARA TÉRMICA, CASERÍO RÍO NEGRO - DISTRITO DE PADRE ABAD

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

LUIS FRANKLIN HERRERA TOLENTINO

Pucallpa, Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **LUIS FRANKLIN HERRERA TOLENTINO,** denominada: **"DETERMINACION DEL EFECTO DE CINCO SUSTRATOS EN LA MULTIPLICACIÓN DE PLÁNTULAS DE PLÁTANO (*Musa sp.*) BELLACO PRODUCIDO EN CÁMARA TÉRMICA, CASERÍO RIO NEGRO- DISTRITO DE PADRE ABAD"**, para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: APROBADO POR MAYORÍA con el calificativo (*) Dieciseis (16)

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 07 de Julio de 2025.

Dr. Fredy Helar Velásquez Ramírez
Presidente

Dr. Roger Brayan Braga Sandoval
Primer Miembro

M. Sc. Silvia Paola Llapapasca García
Miembro

M. Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Dr. Fredy Helar Velásquez Ramírez

.....
PRESIDENTE

Dr. Roger Brayan Braga Sandoval

.....
PRIMER MIEMBRO

M.Sc. Silvia Paola Llapapasca García

.....
SEGUNDO MIEMBRO

M.Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán

.....
ASESOR

Bach. Luis Franklin Herrera Tolentino

.....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/090-2025.**

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE CINCO SUSTRATOS EN LA MULTIPLICACIÓN DE PLÁNTULAS DE PLÁTANO (Musa sp.) BELLACO PRODUCIDO EN CÁMARA TÉRMICA, CASERÍO RIO NEGRO- DISTRITO DE PADRE ABAD "

Autor(es)	:	**HERRERA TOLENTINO, LUIS FRANKLIN**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**M.Sc. RIOS GUZMAN JESSICA MADELEY**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 13/02/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, LUIS FRANKLIN HERRERA TOLENTINO

Autor de la tesis titulada : DETERMINACION DEL EFECTO DE CINCO SUSTRATOS EN LA MULTIPLICACIÓN DE PLÁNTULAS DE PLATANO (Musa sp.) BELLACO PRODUCIDO EN CÁMARA TERMICA, CASERIO RIO NEGRO - DISTRITO DE PADRE ABAD

Sustentada el año 2025

Asesor(a): M.Sc. JESSICA MADELEY RIOS GUZMAN

Facultad: CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela Profesional: AGRONOMIA

Autorizo la publicación:

PARCIAL ☐ TOTAL ☒

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 07/07/2025

Email: LUFRAHETO@GMAIL.COM Firma:

Teléfono: 910641138 DNI: 76158860

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios, que me permitió conocerlo, por guiar mis pasos, darme las fuerzas para seguir adelante y sobre todo me dio fortaleza.

A mis amados padres Vilmer Jaimito y Raquel, por darme la vida y ser el motivo para lograr mis metas.

A mis amados hermanos (Enoc Aldair, Cristian Neymar y Angie Estefany) y a mi hija Briana Alissa por ser quienes me motivan, me brindan su apoyo y cariño para seguir adelante.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Agronomía, por las enseñanzas brindadas que aportaron para mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero agradecer a las siguientes instituciones y personas que han contribuido con el presente trabajo de investigación:

A la Universidad Nacional de Ucayali y en especial a los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, que compartieron sus conocimientos en la formación profesional.

A la Ing. M.Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán, asesora de la presente tesis, por su dedicación, exigencia como docente; por su labor como docente que, con sus observaciones y sugerencias, se hizo posible la culminación de la presente tesis.

A mis amigos, en especial a Jack Anthony Vargas Ramírez, Jesica Vanesa Rodríguez Sobrado y Cintia Lluliana Berrospi Claudio, gracias por motivarme a superarme y por los gratos momentos compartidos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA……	vi
AGRADECIMIENTO……..	vii
ÍNDICE GENERAL……	viii
RESUMEN…….....	x
ABSTRACT……	xi
ÍNDICE DE TABLAS……..	xii
ÍNDICE DE FIGURAS……	xiv
INTRODUCCIÓN……	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……	3
1.1. Descripción y fundamentación del problema…….	3
1.2. Formulación general……...	5
1.2.1. Problema general……	5
1.2.2. Problemas específicos……	5
1.3. Objetivo general y objetivos específicos…….....	6
1.4. Hipótesis y/o sistemas de hipótesis…….....	6
1.5. Operacionalización de las variables…….	7
1.6. Justificación e importancia……..…..	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO……...	9
2.1. Antecedentes……..	9
2.2. Bases teóricas……	13
2.3. Definiciones conceptuales……	21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA…….	24
3.1. Método de investigación……	24

3.2. Tipo y nivel de investigación…….. 24
3.3. Población y muestra……..... 24
3.4. Componentes en estudio……... 25
3.5. Tratamientos en estudio…….…..… 26
3.6. Diseño experimental…….. 29
3.7. Ejecución del experimento……..... 30
3.7.1. Ubicación y duración del estudio……..…… 34
3.7.2. Condiciones de clima y suelo…….…….. 34
3.7.3. Proceso experimental……..….. 34
3.7.4. Variables evaluadas…… 37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS…….… 38
4.1. Número de plántulas ……..…….…… 38
4.2. Altura de plántula..……... 40
4.3. Diámetro de plántula……..……..……...……. 41
4.4. Peso de plántula……..…….…….... 43
4.5. Número de hojas por plántula…...……. 45
4.6. Longitud de raicilla……..... 47
4.7. Número de raicillas por plántula……..…… 49
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN…… 52
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES……..……...… 57
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES……..… 58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS…….. 59
ANEXOS……..……. 65

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de cinco sustratos en la multiplicación de plántulas de plátano (*Musa sp.*) bellaco producido en cámara térmica, caserío Río Negro - Distrito de Padre Abad, el trabajo de tesis se desarrolló en el fundo Rojas, en el caserío Rio Negro, Distrito de Padre Abad, Provincia de Padre Abad, utilizando un diseño de Bloques Completos al Azar “DBCA” con 5 tratamientos y 4 repeticiones, trabajando con 200 cormos lo que hizo un total de 20 unidades experimentales. Los sustratos probados fueron aserrín, cascarilla de arroz, compost, tierra agrícola y arenas, se evaluaron siete variables clave en dos cosechas (85 y 140 días): Número total de plántulas, altura de plántulas, diámetro de plántulas, peso de plántulas, número de hojas, longitud de raicillas, y número de raicillas. Los resultados indican que, se logró identificar a la cascarilla de arroz, como el mejor sustrato para la multiplicación de plántulas de plátano bellaco producida en cámara térmica por el mayor número de plántulas (4.4), mejor diámetro de tallo (5.1 cm), mayor peso de plántula (720 g), mayor número de hojas por plántula (7.72) y mayor número de raicillas por plántula (16.15).

Palabras claves: Plátano bellaco, multiplicación, sustratos, cámara térmica, crecimiento.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of five substrates on the multiplication of plantain (musa sp.) bellaco seedlings produced in a thermal chamber, Rio Negro hamlet - Padre Abad District, the thesis work was developed on the Rojas farm, in the Rio Negro hamlet, Padre Abad District, Padre Abad Province, using a Randomized Complete Block design "DBCA" with 5 treatments and 4 replications, working with 200 corms which made a total of 20 experimental units. The substrates tested were sawdust, rice husk, compost, agricultural soil and sand, seven key variables were evaluated in two harvests (85 and 140 days): Total number of seedlings, seedling height, seedling diameter, seedling weight, number of leaves, rootlet length, and number of rootlets. The results indicate that rice husk was identified as the best substrate for the multiplication of plantain bellaco seedlings produced in a thermal chamber due to the highest number of seedlings (4.4), best stem diameter (5.1 cm), highest seedling weight (720 g), highest number of leaves per seedling (7.72) and highest number of roots per seedling (16.15).

Keywords: Banana plantain, multiplication, substrates, thermal camera, growth.

ÍNDICE DE TABLAS

En el texto: **Pág.**

Tabla 1. Análisis de varianza – ANVA…….. 30

Tabla 2. Número de plántulas por tratamiento y por evaluación….. 38

Tabla 3. Altura de plántula por tratamiento y por evaluación……. 40

Tabla 4. Diámetro de plántula por tratamiento y por evaluación….. 42

Tabla 5. Peso de plántula por tratamiento y por evaluación……. 44

Tabla 6. Número de hojas por plántula por tratamiento y por evaluación…….. 46

Tabla 7. Longitud de raicilla por plántula por tratamiento y por evaluación…….. 48

Tabla 8. Número de raicillas por plántula por tratamiento y por evaluación…….. 50

En el anexo:

Tabla 1A. ANVA de Número de plántulas en primera evaluación…… 66

Tabla 2A. ANVA de Número de plántulas en segunda evaluación…. 66

Tabla 3A. ANVA de Altura de plántula en primera evaluación…… 66

Tabla 4A. ANVA de Altura de plántula en segunda evaluación……. 67

Tabla 5A. ANVA de Diámetro de plántula en primera evaluación…… 67

Tabla 6A. ANVA de Diámetro de plántula en segunda evaluación….. 67

Tabla 7A. ANVA de Número de hojas por plántula en primera evaluación…….. 68

Tabla 8A. ANVA de Número de hojas por plántula en segunda evaluación…….. 68

Tabla 9A. ANVA de Peso de plántula en primera evaluación…… 68

Tabla 10A. ANVA de Peso de plántula en segunda evaluación……. 69

Tabla 11A. ANVA de Longitud de raicilla en primera evaluación…… 69

Tabla 12A. ANVA de Longitud de raicilla en segunda evaluación……. 69

Tabla 13A. ANVA de Número de raicillas por plántula en primera evaluación…….. 70

Tabla 14A. ANVA de Número de raicillas en segunda evaluación…… 70

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto: **Pág.**

Figura 1. Ubicación geográfica del estudio…… 34

Figura 2. Número de plántulas por tratamiento y por evaluación….. 39

Figura 3. Altura de plántula por tratamiento y por evaluación……. 41

Figura 4. Diámetro de tallo por tratamiento y por evaluación……. 43

Figura 5. Peso de plántula por tratamiento y por evaluación…….. 45

Figura 6. Número hojas por plántula por tratamiento y por evaluación…….. 47

Figura 7. Longitud de raicilla por tratamiento y por evaluación…….. 49

Figura 8. Número de raicillas por plántula por tratamiento y por evaluación…….. 51

En el anexo:

Figura 1A. Estructura de la cama térmica utilizada en el experimento.. 71

Figura 2A. Llenado de los cuadros experimentales con los sustratos.. 71

Figura 3A. Colocación del plástico transparente en la estructura de la cama térmica…….. 72

Figura 4A. Corte del traslapado empleado para la separación de los cuadros por sustrato……. 72

Figura 5A. Obtención de aserrín de bolaina……. 73

Figura 6A. Obtención de la cascarilla de arroz…… 73

Figura 7A. Obtención del compost de la meta 3 de la Municipalidad Provincial de Padre Abad……. 74

Figura 8A. Obtención de la arena extraída de la playa del río Aguaytía…….. 74

Figura 9A. Obtención de la tierra Agrícola del Caserío Centro Yurac.. 75

Figura 10A. Obtención de hijuelos (Cormos) de plátano en el Caserío Nueva Delicia……. 75

Figura 11A. Eliminación del meristemo apical en los 200 cormos……. 76

Figura 12A. Trazado de una cruz de 2.5 cm de profundidad en los cormos…… 76

Figura 13A. Pesado de los 200 cormos antes de su siembra……. 77

Figura 14A. Inmersión de los cormos durante 10 minutos en una solución de 30 ml por 20 litros de agua……. 77

Figura 15A. Ubicación los cormos en los respectivos sustratos……. 78

Figura 16A. Observación inicial de los cormos en los diferentes sustratos……. 78

Figura 17A. Comparación de la temperatura y humedad entre la mañana y el mediodía…….. 79

Figura 18A. Registro de temperatura y humedad a las 6:18 p.m…….. 79

Figura 19A. Humedecimiento de los sustratos mediante riego manual. 80

Figura 20A. Vista interna de la cama térmica sin presencia de humedad externa en los sustratos……. 80

Figura 21A. Brotación de plántulas en el sustrato de compost a los 25 días de la siembra……. 81

Figura 22A. Brotación de nuevas plántulas en el sustrato de cascarilla de arroz……... 81

Figura 23A. Emisión de plántulas en el sustrato de tierra agrícola…… 82

Figura 24A. Emisión de plántulas en el sustrato de arena……. 82

Figura 25A. Brotación continua de plántulas en los distintos sustratos evaluados……... 83

Figura 26A. Registro de temperatura y humedad en la cámara térmica a las 5:50 p. m. (29.2 °C y 80%)……. 83

Figura 27A. Plántulas vigorosas con emisión de sus primeras hojas verdaderas……. 84

Figura 28A. Desarrollo de plántulas con más de dos hojas en los diferentes sustratos evaluados…… 84

Figura 29A. Crecimiento de plántulas en los distintos sustratos a los 39 días de la siembra……. 85

Figura 30A. Desmalezado manual realizado en las plántulas durante los primeros días de diciembre…… 85

Figura 31A. Manchas en el sustrato asociadas a la exposición a altas temperaturas…….. 86

Figura 32A. Registro de temperatura a las 8:00 a.m. durante el mes de diciembre…… 86

Figura 33A. Plántulas correspondientes al Bloque I y Bloque II…….. 87

Figura 34A. Plántulas correspondientes al Bloque III y Bloque IV…….. 87

Figura 35A. Primera evaluación de las plántulas realizada el 8 de enero de 2024…… 88

Figura 36A. Conteo de hojas y raíces durante la evaluación de plántulas…… 88

Figura 37A. Pesado de plántulas en balanza gramera y medición del diámetro de las raicillas…… 89

Figura 38A. Medición de la altura de las plantas durante la evaluación.. 89

Figura 39A. Medición del diámetro del tallo de las plantas…….. 90

Figura 40A. Sustratos humedecidos después de la primera cosecha, en espera de la brotación para la segunda cosecha…….. 90

Figura 41A. Emisión de nuevas plántulas en los diferentes sustratos evaluados……. 91

Figura 42A. Aparición de las primeras hojas de plántulas correspondientes a la segunda cosecha…….. 91

Figura 43A. Diferencias entre sustratos y cantidad de plántulas emergidas……... 92

Figura 44A. Mayor brotación de plántulas en el sustrato de cascarilla de arroz…….. 92

Figura 45A. Plántulas con más de dos hojas, coexistiendo con plántulas en etapas tempranas de desarrollo…… 93

Figura 46A. Última cosecha realizada el 17 de febrero, siguiendo los mismos procedimientos de la primera evaluación…… 93

Figura 47A. Visita del jurado a la cámara térmica en el caserío Río Negro, el 10 de febrero de 2024……. 94

Figura 48A. Supervisión del proyecto de tesis por el presidente del jurado evaluador Ing. Fredy Helar Velázquez Ramírez….. 94

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el plátano representa un importante renglón económico para muchos países productores, entre ellos, el Perú, donde se sostiene la seguridad alimentaria, dado a que diariamente se consume como alimento fresco, cocido e industrializado.

Ayuque y Inga (2019), indican que, el plátano es una planta herbácea, con rizoma corto, que resulta de la unión de las vainas foliares. El cormo es un tallo monopólico, formado por entrenudos cortos y de los nudos brotan las raíces adventicias. Un cormo bien formado puede tener de 25 a 40 cm de diámetro y pesar entre 6.9 a 11.5 kg (Quispe, 2019).

Sin embargo, un factor que constantemente enfrentan los productores al momento de renovar o establecer nuevas plantaciones, es la aguda escasez de semilla de buena calidad para la siembra, ya que, tradicionalmente, la propagación del cultivo se ha dado a través de cormos o hijuelos que se obtienen directamente de las plantaciones en producción, los cuales son arrancados de las plantas madres sin ningún criterio de selección.

En este sentido, el uso de cámaras térmicas se convierte en una técnica que puede ser recomendada como medio para la limpieza del material de siembra, lo cual garantiza la eliminación de virus, ya que estos se degradan a temperaturas por debajo del umbral térmico soportado por las especies vegetales, además de garantizar la producción de semillas libres de plagas y patógenos, lo cual repercute significativamente en la disminución de la tasa de proliferación.

Es por ello que, el trabajo de investigación se propone determinar el efecto de cinco sustratos en la multiplicación de plántulas de plátano bellaco producido en cámara térmica, en el caserío Río Negro distrito de Padre Abad.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema

El plátano es un cultivo de gran importancia a nivel global, debido a que la economía y seguridad alimentaria de muchos países productores se encuentraligada a esta musácea, más aún, por su alto valor energético y nutritivo (Scott, 2021).

El año 2022, la producción total de plátano en Perú alcanzó las 2,372,025.00 t, y de este total, el 13% (307,401.54 t), procedió de la región Ucayali, siendo la provincia de Padre Abad, responsable del 17.4% (53,597.56 t), de la producción regional. Sin embargo, se observó una disminuciónen la producción en comparación con los años 2022 y 2021, donde se produjeron 59,086.60 y 63,177.80 t respectivamente, debido principalmente a perdidas por factores climáticos (MIDAGRI, 2023), lo que genera la necesidad de compensar parte de la producción perdida.

Sin embargo, la escasez de semillas vegetativas de alta calidad genética es unproblema que afecta a los productores de plátano que van a instalar nuevas áreas. Muchos de ellos continúan utilizando el método tradicional que consiste en extraer hijuelos de las plantaciones en producción, sin aplicar muchas veces, criterios de selección adecuados (Soto, 2008). Además, al extraercormos de la planta madre, se aprovecha un bajo número de hijuelos, debilitando tanto a la planta madre en producción como a las nuevas plantaciones, lo que contribuye a obtener bajos rendimientos (Díaz *et al*., 2007; Álvarez *et al*., 2013).

La región Ucayali, específicamente en la provincia de Padre Abad, el cultivo de plátano es una fuente generadora de ingresos permanentes para las familias dedicadas a esta actividad económica.

Actualmente, existen diversos métodos que se utilizan para la propagación de plátano, siendo el más recomendado el uso de cámaras térmicas, donde las temperaturas alcanzan rangos promedio de 50-70°C, lo que garantiza la limpieza de las semillas mediante la termoterapia (Rodriguez *et al*., 2013). Además, aumenta significativamente la tasa de proliferación (Álvarez *et al*., 2013; Dzomeku *et al.,* 2014).

Otro aspecto importante que considerar es la calidad del sustrato utilizado en la propagación de plátano, con la finalidad de aportar condiciones adecuadas para estimular la brotación de plántulas y favorecer el crecimiento y la calidad de las plántulas en fase de aclimatación (Esakkimuthu y Shakila, 2017). Tradicionalmente se ha utilizado cascaras de arroz como sustrato en el interior de las cámaras térmicas, lo cual ha tenido mucho éxito en el eje cafetalero (Álvarez *et al*., 2013). En África, además de las cascaras de arroz, también se utilizan mucho los aserrines de maderas blancasy las cascaras de café y otros cultivos (Njukwe *et al*., 2010).

El aserrín es fácil de aplicar, duradero y con alta eficiencia de conservación dela humedad, aumenta la absorción y penetración del agua, reduce la evaporación y mantiene la temperatura del sustrato más uniforme (Boss, 2009). Sin embargo, al igual que con otras materias orgánicas altamente carbonáceas, la baja digestibilidad, el bajo contenido de proteínas y el alto contenido de lignina del aserrín bajo ciertas condiciones

pueden causar una deficiencia de los nutrientes disponibles que retarda el crecimiento de las plántulas (Tripathy *et al.,* 2011). Varios autores han concluido, que la respuesta de multiplicación de rizomas de plátano es afectada por los tipos de sustratos, el genotipo y el tamaño del material genético (Tchoa *et al*., 2011; Tchoa *et al*., 2016; Opoku *et al*., 2017).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál será el efecto de cinco sustratos en la multiplicación de plántulas deplátano bellaco producidas en cámara térmica en el caserío Río Negro distrito de Padre Abad?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del aserrín, compost de residuos domésticos, cascarilla de arroz, tierra agrícola y arena en la multiplicación de plántulas de plátano bellaco producidos en cámara térmica, caserío de Río Negro distrito de Padre Abad?

- ¿Al menos uno de los cinco sustratos mejorará la multiplicación de plántulas de plátano bellaco producidos en cámara térmica, caserío de Río Negro distrito de Padre Abad?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de diferentes sustratos en la multiplicación de plántulas de plátano bellaco producido en cámara térmica, en el caserío Río Negro distrito de Padre Abad.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de aserrín, compost de residuos domésticos, cascarilla de arroz, tierra agrícola y arena en la multiplicación de plántulas de plátano bellaco producida en cámara térmica en el caserío Río Negro, distrito de Padre Abad.

- Identificar el sustrato que mejor efecto produzca en la multiplicación de plántulas de plátano bellaco producida en cámara térmica en el caserío Río Negro, distrito de Padre Abad.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- Conociendo el efecto de los diferentes tipos de sustratos, podremos entoncesmultiplicar plántulas de plátano (*Musa sp*.) bellaco producido en cámara térmica en el caserío Río Negro, distrito de Padre Abad.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Evaluando los diferentes tipos de sustratos, podremos entonces determinar al menos un sustrato para multiplicar plántulas de plátano (*Musa sp*.) bellaco en condiciones de cámara térmica en el caserío Río Negro, distrito de Padre Abad.

1.5. Operacionalización de variables

Las variables que han sido tomadas en cuenta en nuestro ensayo fueron, por un lado, los diferentes sustratos como aserrín, cascarilla de arroz, compost, tierra agrícola y arena, mientras que las variables dependientes fueron evaluadas por su efecto en los indicadores de crecimiento de los cormos como número total de plántulas, altura de plántula, diámetro de plántula, peso de plántula, número de hojas por plántula, número y longitud de raicillas.

1.6. Justificación e importancia

La propagación de plátano a través de la técnica tradicional no permite contar con cormos o hijuelos en grandes cantidades que permitan renovar o instalara nuevas áreas, sumado a ello, que es el medio perfecto para propagar plagas y enfermedades que, en la actualidad, afectan significativamente los rendimientosde producción y por ende los ingresos económicos de las familias productoras. La técnica de producción en cámara térmica en la región Ucayali es relativamente nueva y su adopción

entre los productores es baja.

Este método alternativo, es económico y eficiente para lograr plántulas de plátano de calidad genética, libre de plagas y enfermedades y en grandes cantidades, luego de un proceso de aclimatación, están listas para instalarse a campo definitivo de manera masiva. Las condiciones ambientales de alta temperatura y humedad relativa, inducidas por las cámaras térmicas, favorece la activación de yemas y masifica las tasas de multiplicación (Jacobsen *et al*., 2019). Sin embargo, el inconveniente que se tiene es que se desconoce cuál delos subproductos de la zona son más idóneos para ser utilizados como sustratoen la propagación de plántulas, ya que algunos autores mencionan a la cascarilla de arroz y otros, aserrín (Álvarez *et al*., 2013, Njukwe, *et al*., 2010).

Por ello, el objetivo de este estudio de investigación fue determinar el efecto de cinco sustratos en la multiplicación de plántulas de plátano (*Musa sp*) bellaco producido en cámara térmica, en el caserío Río Negro Provincia de Padre Abad a corto tiempo. Además, se busca fomentar una tecnología innovadora, de bajo costo y fácil implementación, sin causar impactos negativos en el medio ambiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Cedeño *et al*., (2022), en su trabajo de investigación (Colombia), que tuvo como objetivo evaluar el efecto de varios tipos de sustratos y diferentes tamaños de brotes en la producción y calidad de plántulas de plátano propagadas en cámara térmica. Probando el efecto de cuatro sustratos sobre la producción de yemasde plátano en cámara térmica, usando bovinaza compostada (BC), bovinaza compostada + cascarilla de maní (BC + CM), bovinaza compostada + cascarillade arroz (BC + CA) y bovinaza compostada + aserrín blanco (BC + AB), determino que la mayor tasa de multiplicación de plántulas se produjo con el sustrato bovinasa compostada seguido de cascarilla de arroz.

Espinoza *et al*., (2022), en su trabajo de investigación (Ecuador), evaluó el efecto de dos niveles de BAP (con y sin BAP), tres tamaños de cormos (2±0.5, 4±0.5 y 6±0.5 kg) y dos ambientes de proliferación (cámara térmica y cantero), sobre la producción de plántulas del plátano. Los resultados indicaron que, el tamaño de cormo de plántulas fue influenciado significativamente ($p < 0.05$) por las interacciones BAP x AP y TC x AP, donde la mayor producción de plántulas por cormo se produjo dentro de cámara térmica con BAP y cormos de 6±0.5 kg.

Por su parte, Gema (2021), condujo un ensayo en Calceta (Ecuador), cuyo objetivo fue evaluar la influencia de varias tecnologías sobre la

propagación intensiva del plátano en cámara térmica. Como material de propagación se utilizó cormos de plátano de la variedad Dominico. Los tratamientos de propagación fueron combinaciones de ambientes de propagación (cámaras térmicas cubiertas con plástico transparente, plástico negro y plástico transparente + luz en las noches), tamaños de cormos (cormos entre 500 – 500 g, 1000 – 1500 g, 1500 – 2000 g), sustratos (cascarilla de arroz, cascarilla de arroz con arena de río, cascarilla de arroz con arena de río y humus) y tamaños de brotes R1 para inducir multiyemas (brotes R1 de 5, 10 y15 cm de altura). Los resultados en base a la predicción de respuesta máxima de Taguchi evidenciaron que la mayor tasa de multiplicación por cormo fue alcanzada con sustratos compuestos por cascarilla de arroz, arena de río y humus, y tamaños de brotes R1 para la inducción de multiyemas de 15 cm dealtura, con lo cual se alcanzó un promedio de 18 plántulas por cormo. La mayortasa de multiplicación de plántulas por m^2, fue lograda utilizando sustratos compuestos por cascarilla de arroz y arena de río, y tamaños de brotes R1 para la inducción de multiyemas de 5 cm de altura, con los cual se produjeron260 plántulas por m^2 de cámara térmica.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Tongo (2021), en su investigación desarrollada en Utcubamba (Amazonas), tuvo como objetivo, determinar el efecto de 4 tipos de sustratos sobre el desarrollo de hijuelos de plátano a nivel de vivero. Los sustratos utilizados fueron: Para el T1 el sustrato estuvo compuesto de 25% arena + 75%, para el T2 el sustrato estuvo compuesto de 50% arena + 50%

aserrín, para el T3 el sustrato estuvo compuesto de 75% arena + 25% aserrín y para el T4 como sustrato se utilizó tierra agrícola. Las variables de estudio fueron: Tipo de sustratos como variable independiente y desarrollo de hijuelos como variable dependiente, obteniendo como resultados: T2 (50% arena + 50% aserrín) demostró mayor desarrollo de altura, diámetro de pseudotallo y números de hojas, seguido por el T3 (75% arena+25% aserrín.) y T4 (100% Suelo); el T1 (25% arena+75% aserrín) mostró menor resultado; en cuanto al prendimiento todos mostraron el 100%.

Chate (2021), en su trabajo de investigación desarrollado en Luyando (Huánuco), se evaluó seis tratamientos en base a dos variedades de plátano y diferentes dosis de Rizoplus® AE, los cuales fueron T1 (Testigo bellaco-sin dosis), T2 (200 ml/100L), T3 (250 ml/100L) y T4 (Testigo Inguiri-sin dosis), T5 (200 ml/100L) y T6 (250 ml/100L), para el análisis estadístico se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial (2A×3B), cuatro repeticiones y 16 unidades experimentales. En la evaluación que duró cinco meses, el mejor tratamiento en base a las dosis de RizoPlus® fueron los tratamientos T6 (Inguiri + 250 ml/100L), seguido del T5 (Inguiri + 200 ml/100L) estadísticamente ya que obtuvieron la mejor producción de hijuelos de plátano (Musa paradisiaca L.) variedad “Inguiri”, y estadísticamente obtuvieron hijuelos con mejores características biométricas. Por otro lado, las dosis 250 ml/100L y 200 ml/100L fueron las mejores al aplicarlos en las dos variedades de plátano “bellaco” e “Inguiri” bajo las condiciones de cámara térmica, que la cantidad de hijuelos producidos por cormos de plátano sin Rizoplus® AE (Testigos).

Por su parte, Cubas (2019), en su trabajo de investigación desarrollado en Chiclayo (Lambayeque), tuvo como objeto utilizar la cámara termina para la producción de hijuelos de calidad de banano, trabajando con una población de 150 cormos de banano y se utilizó como sustrato 3 kg/m^2 de roca fosfórica, espolvoreándola uniformemente, sobre la capa de roca fosfóricase colocó aserrín fresco hasta completar 30 cm de espesor. A los 60 días después de la siembra, los resultados mostraron que, el tratamiento T2 (Cámara térmica), tuvo un promedio de 16.67 nuevos brotes, siendo superior al T1 “Testigo” quien obtuvo sólo 9 nuevos brotes.

2.1.3. Antecedentes locales

García (2024), condujo un ensayo en Aguaytía, para determinar el efecto de diferentes dosis de fertilización con N en la producción de semillas vegetativas de plátano curare enano. Los resultados indicaron que, para el peso de semillas vegetativas, destaca el tratamiento 2 (172.5 kg N/ha), fertilizada con 13.8 g de N/planta, igualmente, el mismo tratamiento, presentó un peso de hijuelos de 1.156 kg, ligeramente superior a los tratamientos 3,1 y 4, que tuvieron 1.086, 0.918 y 0.756 kg, respectivamente. El tratamiento 3 presentó un peso de yemas 143.87 g, siendo superior a los tratamientos 4,2 y 1 que registraron 121.13, 104.63 y 85.0 g, respectivamente. El tratamiento 2, con 2.25 semillas vegetativas, superó a los tratamientos 4,3 y 1 que obtuvieron, sucesivamente, 1.67, 1.66 y 1.50 así como en el número de yemas, con 7.77 yemas, fue superior a

los tratamientos 3,4 y 1, que presentan 6.91, 6.41 y 5.83 yemas, respectivamente.

Por su parte, Gastañadui (2022), probó la influencia del tamaño de cormo, sobre la tasa de multiplicación del plátano en cámara térmica, utilizando sustrato cascarilla de arroz, colocando seis tamaños de cormo en función de la altura del hijuelo (0.5m, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m, cormos madres cosechados y cebollines. Los resultados mostraron que los cormos madres cosechados alcanzaron la mayor tasa de multiplicación individual con 35 plántulas. Los cebollines lograron la mayor tasa de multiplicación por m^2 de cámara térmica con 443 plántulas.

Asimismo, Salvador (2020) probando diferentes dosis de Root Hor (0, 50, 100, 150 y 200 m L^{-1}) en la propagación rápida de semillas del plátano clon Hartón bellaco) bajo condiciones de cámara térmica en Aguaytía, concluye que, aplicando 150 ml L^{-1}, se generó los mejores promedios para los hijuelos por cormo.

2.2. Bases teóricas

Clasificación taxonómica

Según Ramos (2021), el plátano tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae.

Subreino: Viridiplantae.

División: Tracheophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Sub orden: Lilianae.

Orden: Zingiberales.

Familia:Musaceae.

Género: *Musa* L.

Especie: *Musa sp.* L.

Morfología general

Ayuque y Inga (2019), indican que, el plátano es una planta herbácea, con rizoma corto, que resulta de la unión de las vainas foliares. El cormo es un tallo monopólico, formado por entrenudos cortos y de los nudos brotan las raíces adventicias. Un cormo bien formado puede tener de 25 a 40 cm de diámetro y pesar entre 6.9 a 11.5 kg (Quispe, 2019).

La planta tiene una raíz superficial, con hojas dispuestas en espiral, con un peciolo largo y un limbo alargado y glabro. El tallo verdadero es un rizoma subterráneo, que este coronado con yemas, las que se desarrollan durante la floración. Cuando el rizoma alcanza la madurez, la yema terminal se convierte en inflorescencia, la cual es empujada por el alargamiento del tallo. La inflorescencia es terminal y crece por el pseudotallo hasta alcanzar la superficie (Soto, 2008).

Por otro lado, las flores son amarillas con 6 estambres, uno es estéril y el gineceo posee 3 pistilos, con ovario ínfero. Cada flor reunida en una bráctea forma un racimo de frutos llamado mano. En promedio existen entre 4 a 10 manos por planta. En su desarrollo, los frutos se doblan hacia abajo, según su peso, determinando la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, de color verdoso, amarillo o rojizo. La partenocarpia y la esterilidad se producen por mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos (Soto, 2008).

Selección de semilla

El plátano se propaga asexualmente a partir yemas con capacidad de regeneración. Este método garantiza que, la reproducción de las características específicas de una planta sea perpetuadas uniformemente de una generación a otra y, por lo que, se mantienen invariables las características del progenitor en los descendientes (Aguilar *et al*., 2004).

Aspectos básicos para la selección semilla

Para el inicio de la propagación del plátano se deben seleccionar hijuelos que provengan de plantas madre con buenas características morfológicas como el porte característico del cultivar, la calidad y el tamaño de la fruta, la cantidad de dedos por racimo (Álvarez, 2009).

Métodos de propagación en musáceas

Existen varios métodos para obtener material de siembra para el establecimiento de nuevas plantaciones de musáceas. Cada método tiene requerimientos específicos, en términos de facilidades y equipos; una tasa de multiplicación característica y ciertos riesgos de contaminación de plagas y enfermedades.

La obtención de plántulas de plátano es posible mediante varios métodos de multiplicación, siendo la regeneración natural, la micropropagación y la macro propagación los más utilizados (Singh *et al*, 2011).

Propagación tradicional

Es el método más utilizado por los pequeños productores, y se caracteriza por la escasa aplicación de prácticas culturales básicas, de forma que, las plantas se encuentran bajo libre crecimiento, provocando una alta competencia entre ellas (Staver y Lescot, 2010).

Propagación por división de cormos

Puede ser aplicada a cormos que devienen de plantas jóvenes o recién cosechadas. Para ello, es necesario ubicar las yemas en el cormo, lo cual determina la eficiencia del sistema, según refiere Staver y Lescot (2010), este sistema comprende las siguientes etapas:

- **Selección del material:** Se recomienda el uso de cormos sanos y vigorosos.
- **Limpieza y lavado:** A los cormos seleccionados se les eliminan los restos de tierra, las raíces y parte afectadas.
- **Desinfección:** Los cormos se sumergen por 3 minutos en una solución agua-cloro a la dosis de 5 mL en 1 L de agua.
- **Exposición de las yemas:** Esta labor consiste en cortar la base de la hoja más larga, quedando expuesta una yema lateral en forma de "V", la cual se forma por la intercepción de las bases de las hojas.
- **Corte:** Una vez descubiertas las yemas en el cormo, se procede a cortar en secciones, tratando de dejar una yema visible en cada sección.
- **Siembra:** Se realiza en lugares seleccionados o siembra directa en

bolsas, tratando que, la yema se cubra con tierra o por el sustrato.

Propagación por división de brotes

Se utilizan cormos provenientes de plantas jóvenes o recién cosechadas. El cormo se divide en 4-8 porciones (cada porción debe tener al menos una yema), que son sembradas en canteros, los cuales deberán emitir nuevos brotes. En ese momento, los brotes son divididos cada uno en cuatro partes, que son tratados y sembrados exactamente como el conjunto del cormo original. En muchos casos, algunos de estos brotes divididos producen meristemos múltiples, que pueden ser separados y sembrados (Staver y Lescot, 2010).

Propagación por ruptura y eliminación de la yema central

Consiste en eliminar la yema apical para romper la dominancia apical e inducir la activación de las yemas laterales y formar mayor cantidad de hijuelos por cormo (Meza, 2013).

Propagación a través del uso de hijuelos o cormitos

Este tipo de propagación permite aprovechar hijuelos cuyos pesos oscilan entre 200 a 400 g, para lo cual se deben seleccionar plantas madres con buenas cualidades. El proceso incluye la eliminación de la dominancia apical y pasados los 30 días de inducción, se cosechan los cormos crece a través del centro del pseudotallo hasta alcanzar la superficie (Soto, 2008).

Con esta técnica se aprovechan cormos de 200 a 400 g de peso con potencialpara producir una planta y un racimo de calidad. Para obtener cebollines, se seleccionan plantas madre con buenas características de sanidad y calidad de racimo, y luego se elimina la dominancia apical en caso de plantas sin diferenciación floral.

Pasados los 30 días de inducción, se cosecha los cebollines de pesos entre 200 a 400 g, se elimina las raíces y se trasladan a bolsas de polietileno para su manejo en vivero (Lescot y Staver, 2013).

Propagación a través de vitroplantas

Este sistema presenta gran ventaja cuando se desea realizar intercambio de plantas (germoplasma) o siembra de musáceas en áreas relativamente nuevas. Pero su aplicación incrementa los costos producción, por lo que no ofrece ventajas comparativas en relación a los sistemas indicados anteriormente (Lescot y Staver, 2013).

Propagación en cámaras térmicas

Consiste en colocar cormos tratados en una cámara tubular cubierta de plásticotransparente, que luego se colocan en aserrín y son regadas con micro aspersores. Dentro de las cámaras, la limpieza del material es un factor importante, la cual se genera por las elevadas temperaturas, cuyo rango está entre 50 a 70 °C (Rodriguez *et al.*, 2013). Cada hijuelo introducido a la cámara permitirá producir entre 20 a 30 plántulas de plátano libre de plagas y enfermedades, técnica que permite la producción

sencilla de varias centenas de plántulas (de la misma calidad de las plantas *in vitro*) (Percy y Limachi, 2014).

Sustratos

Un sustrato debe sostener física y nutritivamente a la nueva planta, debe tenerun buen drenaje para dejar pasar el agua con facilidad, pero conservando la capacidad de mantenerse húmedo. Para darle un buen soporte a la planta debe ser compacto, con moderación.

El sustrato es muy importante en el crecimiento inicial de la planta, debido al desarrollo del sistema radicular, si la planta cuenta con un buen sustrato, habrá un buen desarrollo radical y la plántula puede estar lista para la siembra en 8 semanas (Tchoa *et al.,* 2016).

El suelo del sustrato debe ser esterilizado, para evitar problemas con las plagas y debe permitir un buen drenaje (Miranda, 2022).

De acuerdo a la investigación realizada por Tchoa *et al.*, (2016) con el manejo de distintas mezclas de sustrato a base de cascarilla de arroz, aserrín y materiales orgánicos como fuente de carbono, se logró mayor desarrollo de yemas, proliferación de raíces y vigor de plántulas de musáceas.

Características de los sustratos

- **Materia orgánica:** Las plantas, animales y microorganismos que se encuentran en estado de descomposición se le denomina materia orgánica, este sustrato es buena paramejorar la fertilidad del suelo; fomenta el desarrollo de microorganismos que contribuyen a la desintoxicación y purificación del suelo, favorece la retención de

humedad, le da mejor disponibilidad a los nutrientes del suelo mejorando su capacidad de intercambio catiónico (CIC), mejorando la estructura del suelolo que permite un mejor desarrollo de las raíces de las plantas así también unamejor aireación del suelo (Miranda, 2022).

- **Arena:** La arena, cuando está húmeda no se pega a las manos o dedos cuando se manipula. Por lo tanto, es considerado de textura liviana, tiene una reacción neutral con pH de 6,5 a 7,5 según su ubicación a diferentes altitudes, este sustrato se encuentra en orillas de los ríos y colmatada (Miranda, 2022).

- **Tierra agrícola:** La tierra agrícola debe proceder de un suelo fértil que garantice el crecimiento y desarrollo de la plántula (Bembibre, 2011).

- **Aserrín:** Casa y Jardín (2020) es la mezcla de astillas y polvo grueso que queda después de cortar madera. Se utiliza de diferentes formas, en el cultivo de jardines, en los almácigos y vivero con la finalidad de ayudar a la retención de la humedad; para garantizar su uso, antes de su utilización se deberá de remojar con la finalidad de poder eliminar ciertas sustancias químicas que pueda contener y que perjudicarían los cultivos.

- **Arena:** La arena de río, por ser granulada, tiene una densidad similar a la de la grava,tiene una capacidad de retención de agua de nivel medio (20% del peso y másdel 35% del volumen); su oxigenación

disminuye con el paso del tiempo. Algunos tipos de arena deben lavarse previamente. Su pH varía entre 4 y 8. Su durabilidad es elevada. Es bastante frecuente su mezcla con turba, como sustrato de enraizamiento y de cultivo en contenedores (Infoagro, 2020).

- **Compost:** Es una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica. Independientementede que la composición química y su efecto en el suelo varía según procedencia, edad, manejo y contenido de humedad, su influencia sobre la fertilidad de los suelos, el crecimiento de las plantas y el control de microorganismos productores de enfermedades en las plantas ha sido ampliamente demostrada (Adriano *et al*., 2013).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Sustrato:** Es la superficie en la que vive una planta o un animal y, puede incluir materiales bióticos o abióticos; orgánicos o minerales. El sustrato es el espacio físico dónde se desarrolla la raíz de las plantas, es decir, cualquier medio distinto al suelo ya sea natural, mineral u orgánico.

- **Propagación vegetativa:** La propagación vegetativa también llamada regeneración vegetativa, es la reproducción de una planta a partir de una célula, un tejido o un órgano de la planta madre. Cualquier parte de una planta puede dar origen a otra de iguales características.

- **Hijuelos:** Son los llamados brotes laterales, que una vez separados del tallo principal, pueden producir una nueva planta genéticamente idéntica a la planta madre.

- **Cámara térmica:** El objetivo de las cámaras térmicas es producir plantones de plátano y banano a gran escala y de calidad haciendo uso de tecnología alternativa, económica y efectiva para producir plántulas de calidad.

- **Producción:** Es la actividad que se desarrolla dentro de un sistema económico. Más específicamente, se trata de la capacidad que tiene un factor productivo para crear determinados bienes en un periodo determinado. El concepto de producción parte de la conversión o transformación de uno o más bienes en otros diferentes.

- **División celular:** La división celular es una parte muy importante del ciclo celular en la que una célula inicial se divide para formar células hijas.Debido a la división celular, se produce el crecimiento de los seres vivos.

- **Aserrín:** Es el conjunto de partículas que se desprenden de la madera cuando se sierra. Los aserraderos generan miles de toneladas de serrín al día, sobrantes que pueden ser reciclados y reutilizados.

- **Cascarilla de arroz:** Es un material ampliamente utilizado en procesos de remoción de metales pesados demostrando eficiencia

y facilidad en su aplicación, lo que la perfila como una alternativa viable, económica y de fácil acceso para solucionar problemas de contaminación de afluentes por metales pesados.

- **Tierra agrícola:** La tierra agrícola es típicamente tierra dedicada a la agricultura, el uso sistemático y controlado de otras formas de vida, particularmente la cría de ganado y la producción de cultivos, para producir alimentos para los humanos.

- **Arena:** Es una mezcla de piezas muy pequeñas de diferentes rocas o minerales. Suele tener una sensación áspera al tacto y se considera un material granular natural compuesto de rocas finamente divididas y partículas minerales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Según Romero *et al.,* (2021), el estudio se enmarcó en un método monométodico de enfoque cuantitativo**,** caracterizado por el uso de diseños experimentales**.** En este tipo de método, el investigador manipuló las variables independientes**,** midió las variables dependientes y seleccionó la muestra de forma aleatoria**,** con el fin de garantizar la validez y objetividad de los resultados.

3.2. Tipo y nivel de investigación

El estudio correspondió a una investigación de tipo experimental**,** ya que empleó el experimento como técnica fundamental, permitiendo al investigador manipular o controlar una o más variables independientes con el propósito de comprobar la hipótesis planteada**.** Asimismo, el análisis de los resultados se apoyó en técnicas estadísticas para evaluar el comportamiento de las variables dependientes y determinar la existencia de diferencias significativas (Hernández *et al*., 2014).

3.3. Población y muestra

La población estuvo constituida por 200 cormos de plátano bellaco, distribuidos en cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Cada unidad experimental estuvo conformada por 10 cormos.

La muestra se seleccionó considerando los cuatro cormos centrales de cada unidad experimental, obteniéndose un total de 80 cormos, lo que representa el 40% de la población total.

3.4. Componentes en estudio

Los componentes considerados en la investigación se describieron de la siguiente manera:

En primer lugar, se identificó el problema general y los problemas específicos, así como el sistema de hipótesis y los objetivos general y específicos, en correspondencia con el título del estudio.

Asimismo, se desarrolló el marco teórico, que incluyó la revisión del estado del arte o antecedentes, las bases teóricas relacionadas con el objeto de investigación, la justificación e importancia del estudio y las bases conceptuales pertinentes.

En la metodología, se determinaron las variables independientes y dependientes, su operacionalización y la evaluación del efecto de dichas variables, considerando las condiciones concomitantes.

Finalmente, los resultados y su discusión fueron analizados mediante el uso de herramientas estadísticas, de acuerdo con el diseño experimental y la correspondiente prueba de comparación de medias, según las evaluaciones realizadas para cada variable. Las conclusiones se establecieron en función de los objetivos planteados.

3.5. Tratamientos en estudio

Los tratamientos se organizaron considerando variables independientes y variables dependientes, según se detalla a continuación:

Variables independientes

Los tipos de sustratos se definieron tomando como referencia estudios previos y la experiencia de profesionales en el área. Los tratamientos fueron:

- **T1:** Aserrín
- **T2:** Cascarilla de arroz
- **T3:** Compost
- **T4:** Tierra agrícola
- **T5:** Arena

Variables dependientes

Los indicadores de crecimiento evaluados en los cormos fueron los siguientes:

- Número total de plántulas
- Altura de plántulas
- Diámetro de plántulas
- Peso de plántulas
- Número de hojas
- Longitud de raicillas
- Número de raicillas

Operacionalización de las variables

Variables independientes

Inicialmente, se acondicionó el campo experimental de 45,5 m², procediéndose luego a la construcción de una cámara térmica de 7,0 × 6,5 × 1,5 m (ancho, largo y alto). Para ello, se instalaron diez postes de bambú distribuidos en los bordes y en el centro del área, con el fin de sostener la estructura. Posteriormente, se cortaron tiras de bambú de 7 cm de ancho por 10 m de largo, las cuales se fijaron desde la base del suelo hasta la parte superior de la cámara, asegurándolas con alambre. Finalmente, la estructura fue recubierta con plástico transparente de 0,6 mm de espesor.

Dentro de la cámara térmica se construyeron cinco cajones de brotación, fabricados con tablas de madera y con dimensiones de 5,0 × 1,0 × 0,3 m (largo, ancho y alto). En estos cajones se colocaron los cormos de plátano bellaco.

Los cormos utilizados, con pesos entre 0,5 y 2 kg, fueron seleccionados a partir de plantas madre élite, sanas, productivas y del tipo espada. Se limpiaron con cuchillo para retirar raíces y tejido necrótico; posteriormente, se peló ligeramente el borde del cormo y se sumergió en agua hervida durante 25 segundos para eliminar posibles huevecillos de plagas.

Con una navaja afilada y desinfectada, se eliminó el meristemo apical de los 200 cormos, realizando un corte en forma de cruz a 2,5 cm de profundidad. Luego, se colocaron en los cajones de brotación, sobre la base del sustrato correspondiente, y se cubrieron con el mismo material

hasta completar 25 cm de altura. Se mantuvo una densidad de 10 cormos por m², separando los tratamientos mediante tablas de madera.

Posteriormente, con una mochila fumigadora de 20 L, se realizó un riego uniforme hasta alcanzar una humedad del 80% del sustrato.

Durante los 15 a 25 días posteriores a la instalación, se efectuaron riegos continuos y, mediante un higrómetro, se verificó que la temperatura interna se mantuviera en 60 °C, condición necesaria para estimular la brotación.

Cuando los brotes de cada tratamiento alcanzaron los 20 cm de altura, se procedió a cosecharlos cuidadosamente, evitando el daño de las raíces, dentro de un periodo máximo de 90 días, registrándose posteriormente en los formatos correspondientes.

Variables dependientes

Para su evaluación, se consideraron los cuatro cormos centrales por cada unidad experimental. Las variables se midieron de la siguiente manera:

- **Número total de plántulas:** Se contabilizaron todas las plántulas obtenidas en la primera y segunda cosecha, una vez que alcanzaron 15 cm de altura, registrándose en el formato de evaluación.

- **Altura de plántulas:** Se midió con una cinta métrica desde el nivel del suelo hasta la intersección de las dos últimas hojas, anotando cada valor en la hoja de evaluación.

- **Diámetro de plántulas:** Se utilizó un vernier para medir el diámetro de las plántulas centrales de cada unidad experimental, registrándose cada dato.

- **Peso de plántulas:** Todas las plántulas se pesaron por separado empleando una balanza digital, consignándose los valores obtenidos.

- **Número de hojas por plántula:** Se contó el total de hojas de cada plántula por unidad experimental, registrándose en el formato correspondiente.

- **Longitud de raicillas:** Con una cinta métrica se midió la longitud de las raicillas desde su unión con el cormo hasta el ápice de la masa radical.

- **Número de raicillas:** Se registró el total de raicillas formadas a partir del cormo en cada unidad experimental.

3.6. Diseño experimental

El modelo estadístico que se utilizó en el presente trabajo de tesis correspondió al Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), conformado por cinco tratamientos y cuatro repeticiones, lo que permitió disponer de un total de 20 unidades experimentales.

Cuando se observaron diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de

de significancia de 0.05.

El modelo matemático del diseño se describió de la siguiente forma:

$$Yijk = \mu + Bj + Ti + Eijk$$

Dónde

Yijk: Efecto de la observación en estudio.

μ: media general.

Bj: Efecto del j-ésimo bloque en estudio.

Ti: Efecto de la i-ésimo tratamiento en estudio.

Eijk: Error experimental.

Tabla 1

Análisis de varianza - ANVA

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Bloques	4 – 1 = 3
Tratamientos	5 – 1 = 4
Error experimental	(4 – 1) (5 - 1) = 12
Total	(4 x 5) - 1= 19

3.7. Ejecución del experimento

- **Preparación del terreno experimental:** Se acondicionó un área total de 45,5 m² utilizando machete y pico para eliminar palos, raíces y cualquier material presente en la superficie seleccionada. En los

sectores donde se identificaron desniveles, el terreno fue nivelado cuidadosamente con una pala, garantizando una superficie uniforme para la instalación del experimento.

- **Selección, limpieza e inducción de plantas madre:** Para el ensayo se seleccionaron cormos de plátano bellaco con pesos entre 0.5 a 2 kg y que procedían de plantas altamente productivas y sanas ubicadas en el sector Yurac. Se eliminaron las raicillas con un cuchillo bien afilado, se colocaron durante 25 segundos en agua hirviendo, para esterilizar y matar posibles huevecillos de plagas con fines de desinfección orgánica según sugiere Coyne *et al.,* (2010) y con una navaja desinfectada se realizó un corte en forma de cruz a una profundidad de 2.5 cm con la finalidad de inhibir la dominancia apical y estimular la brotación de yemas, quedando de esta manera listas para ser colocados en la cámara térmica.

- **Construcción de cámara térmica y cajones de brotación:** La estructura de la cámara térmica fue construida a base de bambú y material predominante en la zona, con las medidas 7.*0* x 6.5 x 1,5 m de ancho, largo y alto respectivamente. La estructura fue cubierta con plástico transparente de 0,6 mm de grosor y, en el interior, se colocó una malla rashell al 50% con el propósito de disminuir quemadurasen los brotes que se producen por efecto lupa que se depositan las gotas de agua en las hojas de los brotes, (Coyne *et al*, 2010). En el interior de la cámara térmica, por cada tratamiento, se construyó cajones con tabla, desde el nivel del suelo, con

dimensiones de 5 x 1,0 x 0,3 m de largo, ancho y alto, respectivamente, los cuales fueron llenados con el sustrato objeto de estudio.

Previamente, los sustratos fueron sometidos a un proceso de esterilización al medio ambiente durante un periodo de 6 horas, este procedimiento se realizó con el fin de eliminar cualquier patógeno que pueda estar presente en el sustrato, siguiendo las recomendaciones de Tchoa *et al.*, (2011). Es necesario mencionar que, a todos los tratamientos, se colocó una capa de 8 cm de guano de isla en el interior de los cajones de madera,con la finalidad de estimular la emisión de raicillas de los cormos.

- **Siembra de cormos en los cajones de brotación:** Los cormos de plátano bellaco fueron colocados en los cajones de acuerdo a la distribución de los tratamientos y repeticiones propuestos en el experimento de la siguiente manera: en la base del cajón se colocó 8 cm de guano de isla y luego se procedió a sembrar los cormos preparados y finalmente se tapó con el sustrato seleccionado hasta una altura máxima de 30 cm, colocando 10 cormos por m^2. Finalmente, se colocó un higrómetro que nos permitió medir la temperatura y humedad interna de la cámara térmica.

Manejo de la cámara térmica

- **Riegos:** Se utilizó una mochila fumigadora de 20 l para regar de manera continuay mantener la humedad del aserrín entre 50 a 60 y se realizó hasta el inicio de la emisión de brotes.

- **Deshierbo:** En el interior del área experimental, esta labor fue realizada cada 25 días y dentro la cámara térmica, se hizo de forma manual, cuando fue necesario.

- **Control de temperatura:** Se colocó un termohigrómetro para asegurar que la temperatura se mantenga entre los 50 y 60 °C, y cuando superó este rango, se abrió la puerta principal y auxiliar para permitir la ventilación y prevenir la muerte de los cormos.

- **Cosecha de plántulas:** La primera cosecha de plántulas se realizó cuando los brotes alcanzaron los 15 cm de altura (aproximadamente 85 días). Luego se realizó una segunda estimulación cortando los callos laterales del cormo, con la finalidad de estimular la emisión de brotes, realizando la segunda cosecha a los 140 días, aproximadamente.

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

El estudio se llevó a cabo en el fundo Rojas, ubicado en el caserío Río Negro, distrito y provincia de Padre Abad, a la altura del km 162 de la carretera Federico Basadre, ingresando 2.5 km por el margen derecho. El área experimental se encuentra georreferenciada con las siguientes coordenadas UTM (Zona 18L):

- **Latitud:** -9.042911
- **Longitud:** -75.519402
- **Altitud:** 283 m.s.n.m.

Figura 1

Ubicación geográfica del estudio



3.7.2. Condiciones ambientales

De acuerdo con el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge, el área de estudio se clasifica como bosque húmedo tropical. Asimismo, según la tipología de bosques amazónicos, corresponde al ecosistema de bosques tropicales semi siempre verdes estacionales (Aybar *et al*., 2017).

El suelo presenta una textura franco-arcillosa, con predominio de arena y limo, pH fuertemente ácido, bajo contenido de materia orgánica y niveles medios de fósforo. Además, muestra baja capacidad de intercambio catiónico y un porcentaje reducido de acidez cambiable.

3.7.3. Proceso experimental

El proceso experimental comprendió diversas actividades, desarrolladas de manera secuencial y organizada, tal como se detalla a continuación:

- **Adquisición de insumos y materiales:** En primer lugar, se realizó la obtención de los insumos necesarios. El aserrín de bolaina se recolectó en el aserradero ubicado en la Junta Vecinal Barrio Unido; la cascarilla de arroz, en el Molino Vitocho de la Junta Vecinal Las Malvinas; y el compost de residuos domésticos, en la Municipalidad Provincial de Padre Abad. Asimismo, la tierra agrícola se extrajo del caserío Centro Yurac y la arena del río Aguaytía. De igual manera, se adquirieron los materiales y herramientas requeridos para la ejecución del estudio mediante compra directa.

- **Preparación de terreno:** Posteriormente, se efectuó la limpieza total del área experimental, eliminando manualmente la maleza con el uso de machetes. Luego, se procedió a la nivelación del suelo empleando machete, pala y pico, con el fin de acondicionar el espacio para la instalación del experimento. A continuación, se construyó la cama térmica, lo cual implicó el hincado de postes con las medidas establecidas, la adecuación de listones para las tiras de bambú y el aseguramiento de la estructura mediante clavos, rafia y alambre.

- **Alineamiento del terreno:** Esta actividad consistió en la habilitación del espacio térmico en un área total de 45.5 m², así como en la construcción de las camas, cada una con dimensiones de 5 m × 1 m × 0.30 m.

- **Aplicación de abono:** Se aplicó guano de islas en una dosis total de 70 kg**,** distribuidos entre los 20 tratamientos (3.5 kg por tratamiento). Del mismo modo, se incorporó cal agrícola en una cantidad de 50 kg, equivalente a 2.5 kg por tratamiento**.**

- **Control de malezas:** El control se realizó de forma manual**,** eliminando las malezas emergentes para evitar la competencia por nutrientes. Esta labor se efectuó una sola vez durante todo el proceso experimental.

- **Riegos:** El riego se efectuó diariamente en dos turnos**.** Por la mañana, se aplicaron 80 litros entre las 6:00 y 6:50 a.m.; y por la tarde, 120 litros, desde las 5:00 hasta las 6:20 p.m.

- **Control fitosanitario:** Con el fin de prevenir la presencia de plagas en los cormos, se aplicó el insecticida-nematicida ONCOL el mismo día de la siembra.

- **Visita del jurado de tesis:** La supervisión académica se llevó a cabo con la visita del jurado, encabezado por el presidente TIT. Fredy Helar Velázquez Ramírez**.**

- **Evaluaciones de campo:** La primera evaluación se realizó a los 85 días después de la siembra y la segunda, a los 140 días, dentro de la cámara térmica. Ambas se efectuaron siguiendo la tabla de recolección de datos, considerando las variables evaluadas en la primera y segunda cosecha.

- **Procesamiento de datos:** Los datos obtenidos para cada variable dependiente fueron tabulados y procesados mediante el paquete estadístico SAS versión 8.0**,** lo que permitió determinar las diferencias estadísticas entre tratamientos.

- **Redacción del borrador de tesis:** Finalmente, con los resultados procesados, se elaboró el borrador de tesis, integrando la discusión correspondiente. Asimismo, se verificó la similitud del documento mediante el software antiplagio Compilatio, hasta alcanzar un porcentaje menor al 10%**.**

3.7.4. Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron corresponden a los indicadores de crecimiento de cormos de plátano por efecto del uso de diferentes sustratos para su multiplicación vegetativa, como son, el número total de plántulas, la altura y diámetro de plántulas, el peso de plántulas, número de hojas, número y longitud de raicillas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Número de plántulas

El análisis de varianza para el número de plántulas de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la primera evaluación determinó diferencias altamente significativas para los tratamientos en estudio, más no para repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 7.44%, considerado aceptable para condiciones de experimentos realizados en invernadero o laboratorio, según Calzada, 1972, quien aduce que este valor no debe superar el 10%.

La prueba de Tukey ($P<0.05$), destaca la superioridad del tratamiento a base de cascarilla de arroz, usada como sustrato, con 4.40 plántulas, mientras que, con aserrín, se registró 3.65 plántulas en promedio, seguido de los tratamientos donde se usó sustratos de tierra agrícola, arena y compost, con 3.10, 3.02 y 2.97 plántulas, en promedio, sucesivamente. (Tabla 2).

Tabla 2

Número de plántulas por tratamiento y por evaluación

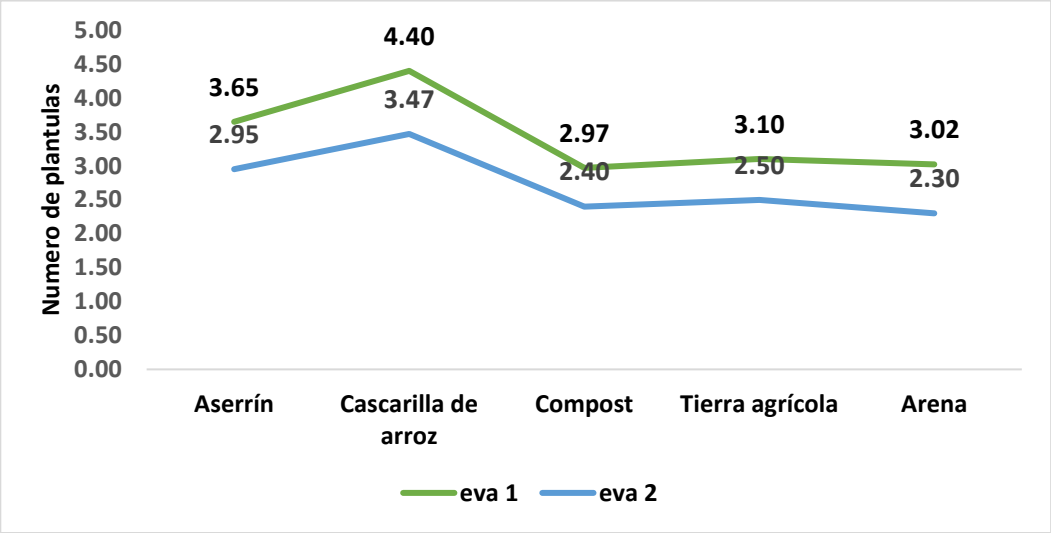
N°	Tratamientos	Número de plántulas	
		Evaluación 1	Evaluación 2
T1	Aserrín	3.65 b	2.95 b
T2	Cascarilla de arroz	4.40 a	3.47 a
T3	Compost	2.97 c	2.40 c
T4	Tierra agrícola	3.10 c	2.50 c
T5	Arena	3.02 c	2.30 c

(*) Letras iguales en la columna indican que no hay diferencias entre tratamientos.

Por otro lado, el análisis de varianza para el número de plántulas de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la segunda evaluación determinó diferencias altamente significativas para los tratamientos en estudio, más no para repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 4.49%, considerado aceptable, para condiciones de experimentos realizados en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe superar el 10%.

Figura 2

Número de plántulas por tratamiento y por evaluación



Nota: se aprecia diferencias entre tratamientos y evaluación.

En este parámetro, la prueba de Tukey ($P<0.05$), mantiene la superioridad del tratamiento a base de cascarilla de arroz, usada como sustrato, con 3.47 plántulas, mientras que, con aserrín, se registró 2.95 plántulas en promedio, seguido de los tratamientos donde se usó sustratos de tierra agrícola, compost y arena, con 2.50, 2.40 y 2.30 plántulas, respectivamente.

4.2. Altura de plántula

El análisis de varianza para altura de planta de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la primera evaluación, determinó que no hubo diferencias estadísticas para tratamientos y repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 11.49%, considerado ligeramente aceptable para condiciones de ensayos en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe ser mayor al 10%.

Aun así, numéricamente la prueba de Tukey ($P<0.05$), refleja la superioridad del sustrato usado como arena, con 90.87 cm de altura, respecto a los demás tratamientos, donde se usaron tierra agrícola, cascarilla de arroz, compost y aserrín, cuyas plántulas registraron 89.90, 86.95, 85.52 y 81.47 cm de altura, respectivamente.

Tabla 3

Altura de plántula por tratamiento y por evaluación

N°	Tratamientos	Altura de plántula (cm)	
		Evaluación 1	Evaluación 2
T1	Aserrín	81.47 a	53.15 a
T2	Cascarilla de arroz	86.95 a	53.10 a
T3	Compost	85.52 a	51.22 a
T4	Tierra agrícola	89.90 a	51.65 a
T5	Arena	90.87 a	52.72 a

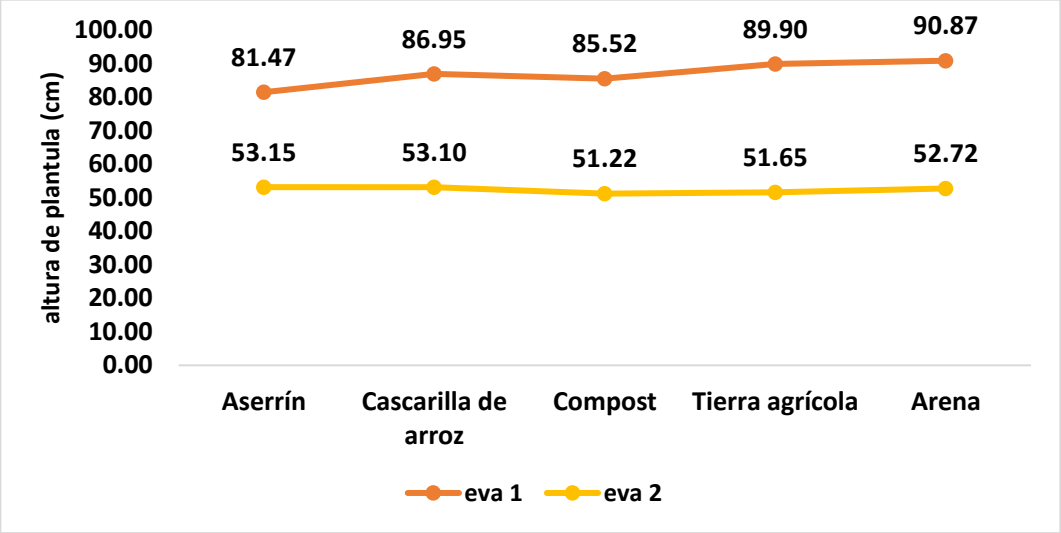
(*) Letras iguales en la columna indican que no hay diferencias entre tratamientos.

Por otro lado, al efectuar el análisis de varianza para altura de planta de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la segunda evaluación, se ratificó que, al igual que la primera evaluación, que no existió

diferencias estadísticas entre tratamientos, así como entre repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 5.21%, considerado adecuado para condiciones de ensayos en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe ser mayor al 10% (Figura 2).

Figura 3

Altura de plántula por tratamiento y por evaluación



Nota: No se observan claras diferencias entre tratamientos por la altura de plántula.

Pese a ello, numéricamente la prueba de Tukey (P<0.05), destaca la superioridad de los sustratos aserrín y cascarilla de arroz, con 53.15 y 53.10 cm de altura, seguido de los tratamientos, donde se usaron arena, tierra agrícola y compost, cuyas plántulas tuvieron en promedio 52.72, 51.65 y 51.22 cm de altura, respectivamente.

4.3. Diámetro de plántula

De forma similar a la evaluación anterior, al efectuar el análisis de varianza para diámetro de plántula de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la primera evaluación, no hubo diferencias estadísticas

entre los tratamientos probados como sustratos, así como entre repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 9.80%, considerado adecuado para condiciones de ensayos en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe ser mayor al 10%.

Aun así, para esta variable, numéricamente la prueba de Tukey ($P<0.05$), destaca la superioridad de los sustratos cascarilla de arroz y aserrín, con 5.10 y 5.00 cm de diámetro, seguido de los tratamientos, donde se usaron compost, arena y tierra agrícola, cuyas plántulas tuvieron en promedio 4.92, 4.90 y 4.70 cm de diámetro, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4

Diámetro de plántula por tratamiento y por evaluación

N°	Tratamientos	Diámetro de plántula (cm)	
		Evaluación 1	Evaluación 2
T1	Aserrín	5.00 a	3.22 a
T2	Cascarilla de arroz	5.10 a	3.25 a
T3	Compost	4.92 a	3.32 a
T4	Tierra agrícola	4.70 a	3.25 a
T5	Arena	4.90 a	3.27 a

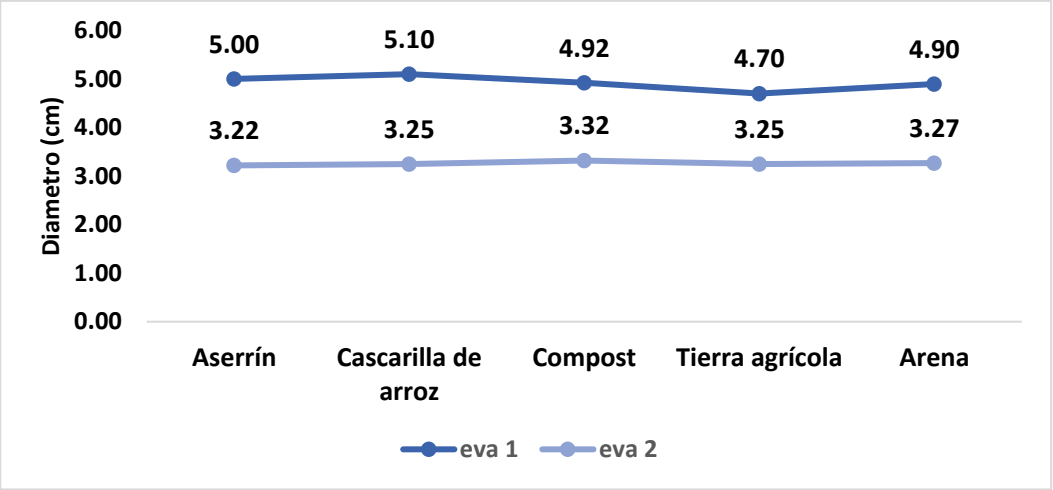
(*) Letras iguales en la columna indican que no hay diferencias entre tratamientos.

Para la segunda evaluación de diámetro de plántula de plátano bellaco producidas en cámara térmica, el análisis de varianza concluye que no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos probados como sustratos, así como entre repeticiones, con un coeficiente de variabilidad

de 6.12%, considerado adecuado para condiciones de ensayos en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe ser mayor al 10%.

Figura 4

Diámetro de tallo por tratamiento y por evaluación



Nota: No se observan claras diferencias entre tratamientos por diámetro de tallo.

No obstante, en términos numéricos para la segunda evaluación, cuando se usó el sustrato arena, se obtuvo el promedio más alto con 3.27 cm, seguido de los tratamientos tierra agrícola y cascarilla, cuyas plántulas registraron 3.25 cm de diámetro, cada uno, mientras que, para compost y aserrín, los promedios alcanzados para esta variable fueron 3.32 y 3.22 cm de diámetro, sucesivamente.

4.4. Peso de plántula

La evaluación del análisis de varianza para el peso de plántula de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la primera evaluación, determina que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos probados como sustratos, así como entre repeticiones, con un

coeficiente de variabilidad de 22.31%, considerado alto para condiciones de ensayos en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe ser mayor al 10%.

A pesar de ello, la interpretación numérica destaca nuevamente el uso de los sustratos cascarilla de arroz y aserrín, con 720.2 y 717.5 g, cada uno, seguido del uso de arena, compost y tierra agrícola, cuyos pesos de plántula fueron sucesivamente, 699.0, 652,1 y 612.6 g.

Tabla 5

Peso de plántula por tratamiento y por evaluación

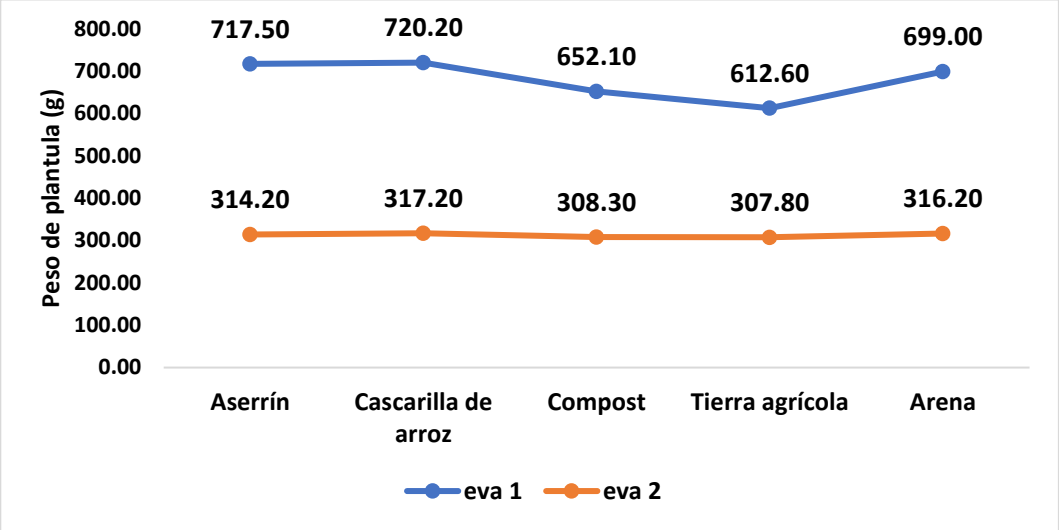
N°	Tratamientos	Peso de plántula (g)	
		Evaluación 1	Evaluación 2
T1	Aserrín	717.5 a	314.2 a
T2	Cascarilla de arroz	720.2 a	317.2 a
T3	Compost	652.1 a	308.3 a
T4	Tierra agrícola	612.6 a	307.8 a
T5	Arena	699.0 a	316.2 a

(*) Letras iguales en la columna indican que no hay diferencias entre tratamientos.

Para la segunda evaluación de esta variable, tampoco se registró diferencias estadísticas por el uso de diferentes sustratos, con un coeficiente de variabilidad de 4.25%, considerado aceptable para este tipo de condiciones (Figura 5).

Figura 5

Peso de plántula por tratamiento y por evaluación



Nota: No se observan diferencias entre tratamientos por peso de plántula.

Hecha la prueba de Tukey (P<0.05), se mantiene la superioridad numérica del sustrato cascarilla de arroz, con 317.2 g de peso de plántula, seguidos de los sustratos arena y aserrín, cuyos valores fueron 316.2 y 314. 2 g, cada uno, mientras que, cuando se usó compost y la tierra agrícola, los pesos promedios fueron 308.3 y 307.8 g, respectivamente.

4.5. Número de hojas por plántula

La evaluación del análisis de varianza para el número de hojas por plántula de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la primera evaluación, evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos probados como sustratos, más no entre las repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 5,26%, considerado adecuado para condiciones de ensayos en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe ser mayor al 10%.

En este caso, se demostró la superioridad de los sustratos a base de arena y cascarilla de arroz, con 7.72 y 7.32 hojas por plántula, mientras que los sustratos a base de aserrín, tierra agrícola y compost, sin presentar diferencias entre ellos, registraron 7.07, 6.97 y 6.45 hojas por plántula, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6

Número de hojas por plántula por tratamiento y por evaluación

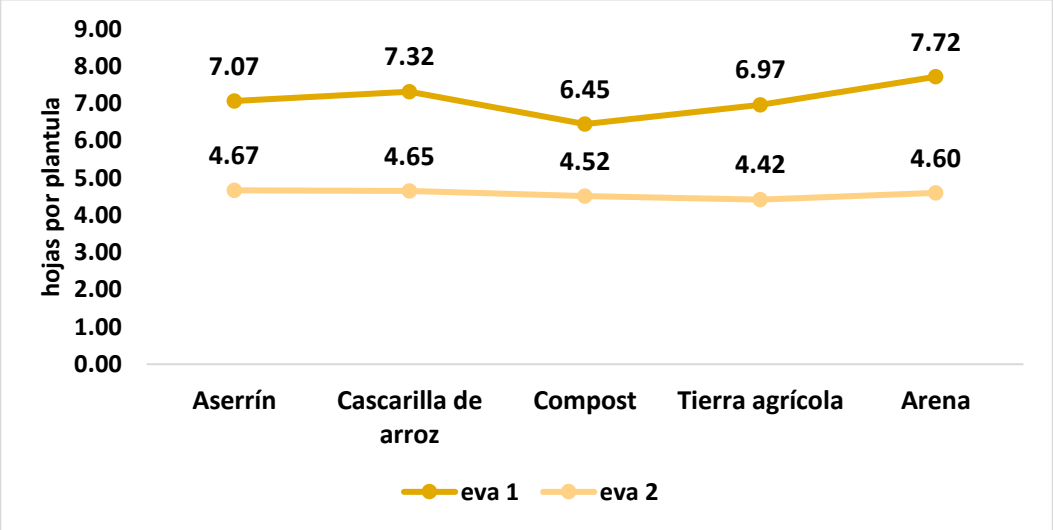
N°	Tratamientos	Número de hojas por plántula	
		Evaluación 1	Evaluación 2
T1	Aserrín	7.07 b	4.67 a
T2	Cascarilla de arroz	7.32 a	4.65 a
T3	Compost	6.45 b	4.52 a
T4	Tierra agrícola	6.97 b	4.42 a
T5	Arena	7.72 a	4.60 a

(*) Letras iguales en la columna indican que no hay diferencias entre tratamientos.

En la segunda evaluación del número de hojas por plántula de plátano bellaco producidas en cámara térmica, el análisis de varianza determinó la inexistencia de diferencias entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 4.98%, de aceptable condición, toda vez que es menor al 10% que refiere Calzada (1972), para ensayos llevados a cabo en invernaderos o laboratorio.

Figura 6

Número hojas por plántula por tratamiento y por evaluación



Nota: No se observan diferencias entre tratamientos por hojas por plántula.

Al respecto, la prueba de Tukey (P<0.05), determinó una ligera superioridad numérica cuando se usaron los sustratos aserrín, cascarilla de arroz y arena, con 4.67.4.65 y 4.60 hojas por plántula, respectivamente, mientras que los menores valores fueron registrados por los sustratos compost y tierra agrícola, con 4.52 y 4.42 hojas por plántula, cada uno.

4.6. Longitud de raicilla

La evaluación del análisis de varianza para la longitud de raicilla de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la primera evaluación, determina que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos probados como sustratos, así como entre repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 8.64%, considerado adecuado para condiciones de ensayos en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe ser mayor al 10%.

No obstante, la interpretación numérica de Tukey (P<0.05), destaca el uso de sustrato de arena, con 25.42 cm de longitud de raicilla, seguido del uso de sustratos como tierra agrícola, aserrín, cascarilla de arroz y compost, con 24.10, 24.07, 23.67 y 23.52 cm, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 7

Longitud de raicilla por plántula por tratamiento y por evaluación

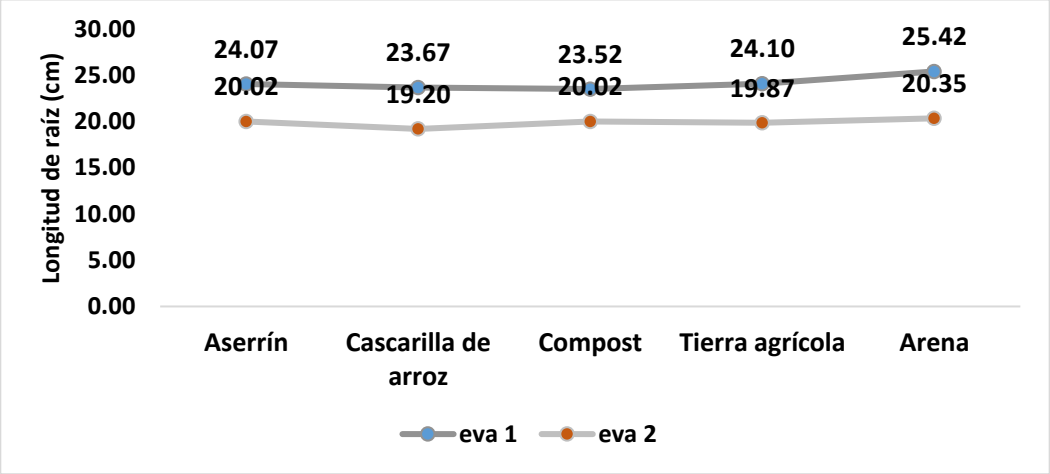
N°	Tratamientos	Longitud de raicilla (mm)	
		Evaluación 1	Evaluación 2
T1	Aserrín	24.07 a	20.02 a
T2	Cascarilla de arroz	23.67 a	19.20 a
T3	Compost	23.52 a	20.02 a
T4	Tierra agrícola	24.10 a	19.87 a
T5	Arena	25.42 a	20.35 a

(*) Letras iguales en la columna indican que no hay diferencias entre tratamientos.

Para la segunda evaluación, el análisis de varianza ratificó que no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos probados como sustratos, así como para repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 6.87%, considerado adecuado para este tipo de ensayos, conforme lo manifiesta Calzada (1972).

Figura 7

Longitud de raicilla por tratamiento y por evaluación



Nota: No se observan diferencias entre tratamientos por longitud de raíz.

A pesar de ello, la interpretación numérica de la prueba de Tukey ($P<0.05$), destaca el uso de los sustratos a base de arena, aserrín y compost, con 20.35, 20.02 y 20.02 cm, cada uno, mientras que, con usando sustratos con tierra agrícola y cascarilla de arroz, se obtuvo raicillas con 19.87 y 19.20 cm de longitud, respectivamente.

4.7. Número de raicillas por plántula

El análisis de varianza para el número de raicillas por plántula de plátano bellaco producidas en cámara térmica en la primera evaluación, llegó a demostrar que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos probados como sustratos, así como entre repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 13.65%, considerado relativamente alto para condiciones de ensayos en invernadero o laboratorio, según Calzada (1972), quien aduce que este valor no debe ser mayor al 10%.

Sin embargo, la interpretación numérica destaca ligeramente el uso de la cascarilla de arroz como sustrato, con 16.15 raicillas por plántula, seguidos de los tratamientos arena, tierra agrícola, compost y aserrín, con quienes se obtuvo 15.52, 15.15, 14.60 y 14.55 raicillas por plántula, respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8

Número de raicillas por plántula por tratamiento y por evaluación

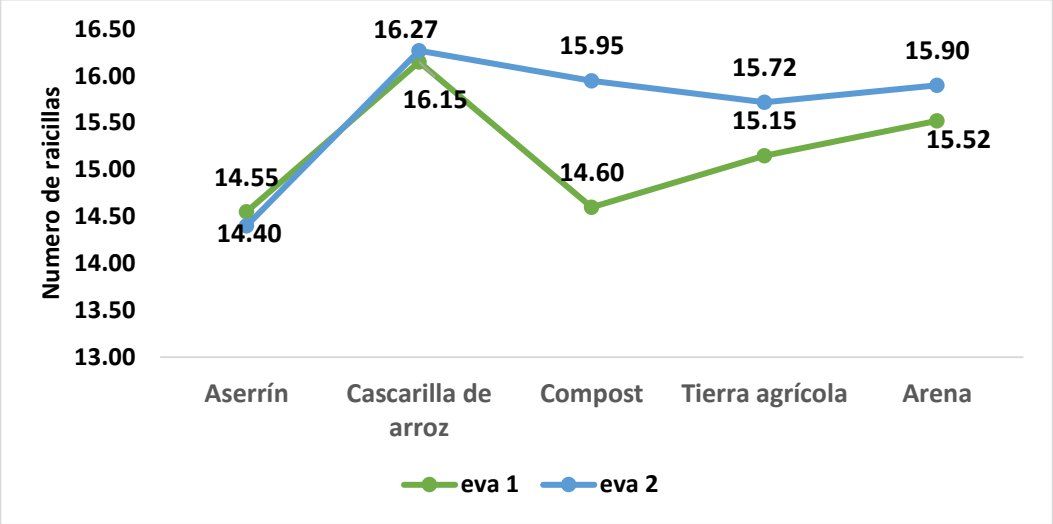
N°	Tratamientos	Número de raicillas por plántula	
		Evaluación 1	Evaluación 2
T1	Aserrín	14.55 a	14.40 a
T2	Cascarilla de arroz	16.15 a	16.27 a
T3	Compost	14.60 a	15.95 a
T4	Tierra agrícola	15.15 a	15.72 a
T5	Arena	15.52 a	15.90 a

(*) Letras iguales en la columna indican que no hay diferencias entre tratamientos.

Un resultado similar se presentó en el análisis de varianza en la segunda evaluación, no expresándose diferencias estadísticas entre tratamientos y repeticiones, con un coeficiente de variabilidad de 12.02%, considerado relativamente alto para condiciones de ensayos de control ambiental.

Figura 8

Número de raicillas por plántula por tratamiento y por evaluación



Nota: No se observan diferencias entre tratamientos por número de raicillas.

Sin embargo, la interpretación numérica de la prueba de Tukey (P<0.05), destaca el uso de la cascarilla de arroz con 16.27 raicillas por plántula. Seguido de los sustratos compost, arena y tierra agrícola, con 15.95, 15.90 y 15.72 raicillas por plántula, dejando en el último lugar al sustrato aserrín con 14.40 raicillas por plántula (Figura 8).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Número de plántulas

Analizando los resultados de esta variable, se demostró que, los sustratos con cascarilla de arroz tuvieron un mejor performance que los demás sustratos en las dos evaluaciones efectuadas, probablemente porque la incorporación de cascarillas de arroz promueve una densidad adecuada al sustrato, que permite condiciones óptimas de aireación, humedad y disponibilidad de C orgánico y nutrientes para el desarrollo vigoroso y proliferación de brotes y plántulas a partir de cormos, conforme lo sostienen Tongo (2021) y Cubas (2019).

Al respecto, varios autores realizando trabajos similares, reportaron valores superiores al nuestro, conforme lo indica Salvador (2021), en Aguaytía, con 8.2 plántulas, aplicando una dosis de 150 m del bioestimulante Root-Hor, mientras que Cobeña y López (2018), obtuvieron 15.19 plántulas, combinando sustratos con cascarilla de arroz y compost y por Cubas (2019), quien registró hasta 14 hijuelos de plátano, manejados en cámara térmica.

5.2. Altura de plántula

Los resultados encontrados en esta variable, destacaron valores estadísticamente similares, demostrando que los sustratos propiciaron un crecimiento uniforme en altura, independientemente del tipo de sustrato y de las evaluaciones efectuadas.

De acuerdo con Cedeño *et al*., (2022) indica que el tiempo de brotación de yemas es influenciado significativamente por el ambiente de propagación, el tamaño de cormo y la respectiva interacción de factores. Según Álvarez *et al*., (2013), en menor tiempo (18 días), se obtiene mayor brotación de yemas y más emergencia con temperatura alta que cuando se propaga esta semilla en condiciones ambientales externas (29 días) empleando la misma técnica con temperaturas entre 50 y 70 °C.

Valores superiores a nuestro ensayo son reportados por Salvador (2021), en Aguaytía, quien aplicando una dosis de 150 ml de Root-Hor, obtuvo en promedio plántulas de 118.2 cm de altura, mientras que, valores inferiores son reportados por Tongo (2021), en Bagua Grande, con una altura de 80 cm, combinando sustratos de 50% de arena + 50% de aserrín, y por Guerra (2019), en Tambopata, cuya altura promedio de plántula fue de 16.4 cm, en sustrato de tierra agrícola, a los 60 días después del repique en cámara térmica.

5.3. Diámetro de plántula

Analizando los resultados de esta variable, se demostró que, los sustratos con cascarilla de arroz tuvieron un mejor performance que los demás sustratos en las dos evaluaciones efectuadas, probablemente porque la mezcla de sustratos a base de cascarilla de arroz promueve una densidad adecuada al sustrato, que permite condiciones óptimas de aireación, humedad y disponibilidad de C orgánico y nutrientes para el desarrollo vigoroso y proliferación de brotes y plántulas a partir de cormos, como lo sostienen Tongo (2021) y Cubas (2019).

En esta variable se encontró valores superiores al reportado en nuestro ensayo, tal como lo demuestra Tongo (2021) en Bagua Grande, con un diámetro de 6.25 cm, combinando sustratos de 50% de arena + 50% de aserrín y por Cubas (2019), en Lambayeque, con un promedio de 6.8 cm de diámetro de hijuelo, manejado en cámara térmica.

Igualmente, promedios menores de esta variable al nuestro, fueron reportados por Salvador (2021), en Aguaytía, con 4 cm, aplicando una dosis de 150 ml de Root-Hor, así como por Carrillo (2004), quien reporta un diámetro de plántula de 2.45 cm en cormos enteros a los 45 días después de la siembra.

5.4. Peso de plántula

Nuestro mejor resultado tuvo un peso promedio de 720 g, usando cascarilla de arroz como sustrato, mientras que, menores promedios son reportados por Salvador (2021) en Aguaytía, con un peso de 330.4 g, aplicando una dosis de 150 ml de Root-Hor en plátano Harton, y por Cubas (2019), en Lambayeque, con 570 g a los 60 días después de la siembra, en cámara térmica, sin embargo, Cubas (2020), en Tingo María, obtuvo un mayor peso con1.97 kg usando la variedad Inguiri, con cormo entero a los 45 días después de la siembra.

5.5. Número de hojas por plántula

Valores inferiores al logrado en nuestro ensayo son referidos por Guerra (2019), en Tambopata, con 3.94 hojas, usando sustrato de tierra

agrícola, a los 60 días después de la siembra, así como por Salvador (2021) en Aguaytía, con 3.2 hojas por plántula, aplicando una dosis de 150 ml de Root-Hor en plátano variedad Harton y por Tongo (2021), en Bagua Grande, quien obtuvo en promedio, 3.75 hojas por plántula, combinando sustratos de 50% de arena + 50% de aserrín.

5.6. Longitud de raicillas

En nuestro ensayo, se encontró que el sustrato con arena tuvo una mejor respuesta en la longitud de raicillas, posiblemente, porque al haber mayor espacio poroso entre partículas de arena, permitieron un mejor crecimiento de las raicillas, lo cual no concuerda con lo que expresan varios autores como Tchoa *et al.*, (2016), Mensah *et al*., (2017), quienes señalan que, el tipo de sustrato utilizado en la propagación *in vivo* de musáceas influencia marcadamente la proliferación de raíces y brotes por unidad de cormo, dado que cada tipo de sustrato provee de condiciones específicas para el desarrollo de raíces y yemas vegetativas, donde los materiales orgánicos basados en compost y estiércoles muestran los mejores resultados.

Para esta variable, sólo se comparó los resultados con los de Ayuque y Inga (2019), en La Merced (Chanchamayo), quienes, mediante la aplicación de biorreguladores en la propagación vegetativa en variedades de banano en cámara térmica, obtuvieron raicillas de 13 cm de longitud en la variedad Valery.

5.7. Número de raicillas

El mejor promedio de raicillas por plántula, se logró en sustratos de arena, debido a que el sustrato presentó mejor aireación y por tanto mejor aprovechamiento del recurso agua durante su permanencia en cámara térmica, sin embargo, y como lo refiere Salvador (2021), posiblemente, los sustratos a base de mezclas con materiales orgánicos induzcan mayor proliferación de raíces y por ende de yemas vegetativas debido a que producen sustancias bioquímicas que estimulan el desarrollo de nuevo tejido a partir de cormos que han sufrido lesiones por la limpieza fitosanitaria y la inhibición de la dominancia apical.

Una mayor proliferación de raíces incrementa significativamente la absorción de nutrientes y por ende un mayor desarrollo y vigor vegetativo. En este contexto, utilizar sustratos que provean condiciones adecuadas para el desarrollo radical y vegetativo de cormos de plátano, se vuelve muy imprescindible.

Al respecto, un valor ligeramente superior al nuestro (16.15 raicillas por plántula), son reportados por Salvador (2021), quien logró en promedio 24.5 raicillas por plántula, aplicando una dosis de 150 ml de Root-Hor en plátano Harton.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Respecto al objetivo general, se determinó que los diferentes sustratos influyeron en la multiplicación de plántulas de plátano bellaco producidas en cámara térmica, evidenciándose respuestas variables en las características evaluadas bajo las condiciones del caserío Río Negro.

- En relación con el primer objetivo específico, se comprobó que los sustratos generaron efectos diferenciados en el desarrollo de las plántulas. Aunque varias variables no mostraron diferencias estadísticas, la cascarilla de arroz obtuvo los valores más altos en el número de plántulas en ambas evaluaciones, seguida por el aserrín y la arena.

- Respecto al segundo objetivo específico, se identificó que la cascarilla de arroz fue el sustrato que mejor desempeño presentó en la multiplicación de plántulas, manteniendo los mayores promedios en número de plántulas, peso y número de raicillas, por lo que se consideró como la alternativa más eficiente bajo las condiciones evaluadas.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la cascarilla de arroz como sustrato principal para la multiplicación de plántulas de plátano bellaco en cámara térmica, debido a su desempeño superior en el número de plántulas, peso y desarrollo radicular bajo las condiciones evaluadas.

- Se sugiere evaluar combinaciones de sustratos, especialmente mezclas de cascarilla de arroz con aserrín o arena, con el fin de optimizar la aireación y retención de humedad y verificar si estas interacciones potencian aún más la multiplicación de plántulas.

- Para futuros estudios, se recomienda ampliar el periodo de evaluación y número de variables fisiológicas, así como replicar el ensayo en otras condiciones edafoclimáticas, con el propósito de validar la estabilidad del rendimiento del sustrato y fortalecer la aplicabilidad de los resultados a nivel regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adriano, M., Lara, Y., Vásquez, A., Ramo, D., & Salvador, M. (2013). Uso de compost durante la etapa de aclimatación de bioplantas de banano clon "Gran Enano" (*Musa* AAA). Chiapas, México.

Aguilar, M., Reyes, G., & Acuña, M. (2004). Métodos alternativos de propagación (Serie Técnica N° 1 ed.). (F. Alemán, Ed.) Santo Domingo.

Álvarez, E. (2009). Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: Innovación tecnológicas para reducir agroquímicos. Honduras.

Álvarez, E., Ceballos, L., Cañán, D., González, D. & Pantoja, A. (2013). Producción de material de siembra limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación CIAT No. 384. Cali, Colombia.

Ayuque, L., & Inga, J. (2019). Aplicación de bioregulador en la propagación vegetativa en variedades de banano (*Musa paradisiaca* L.) en cámara térmica – Distrito de San Ramón – Chanchamayo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. La Merced. Perú. 120 p.

Bembibre, C. (2011). Tierra agrícola y desarrollo de plántulas. *Revista de Ciencias Agrarias*, 15(2), 45–52.

Boss, D. (2009). Rapid multiplication of banana and plantain plants, educational concerns for hunger organization (echo). N. Fort Myers, FL. Echo Development Notes, EDN. 99:1-8.

Calzada, J. (1972). *Diseño y análisis de experimentos agrícolas en condiciones controladas*. *Revista Peruana de Agronomía*, 4(1), 15–28.

Carrillo, M. (2004), Evaluación de diferentes sustratos en la aclimatación de *vitro*-plantas de banano (*Musa* spp.) en la fase de vivero, bajo condiciones de

sombreador. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad San Carlos de Guatemala. 80 p.

Casa & Jardín. (2020). *Uso del aserrín en cultivos y viveros*. *Revista Casa y Jardín*, 12(3), 28–32.

Cedeño, G., Vera, L., Velásquez, S., & Lopez, G. (2022). Macropropagación y calidad de plántulas de plátano (*Musa* AAB Simmonds) en función de sustratos y tamaño de brotes. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales Volumen 9 (2). Julio – Diciembre. Pp. 108-118.

Cobeña, C. & López, L. (2018). Efecto de varios sustratos sobre la proliferación de Plántulas de Plátano propagado en cámara térmica. Calceta.

Coyne, D., Wasukira, A., Dusabe, J., Rotifa, I., & Dubois, T. (2010). Boiling wáter treatment: A simple, rapid and effective technique for nematode and banana weevil management in banana and plantain (*Musa* spp.) planting material. Crop Protection, 29(12), 1478-1482.

Cubas, M. (2019). Cámara térmica para la producción de hijuelos de calidad de banano *Musa paradisiaca* en el distrito de Chiclayo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad César Vallejo. Chiclayo. Perú. 81 p.

Cubas, R. (2020). *Evaluación del peso de plántulas de plátano variedad Inguiri en cormos enteros bajo condiciones de cámara térmica en Tingo María* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

Chate Hilario, J. C. (2021). Efecto de un enraizante en la producción de hijuelos de dos cultivares de plátano en cámara térmica Mapresa-Luyando.

Díaz, F., Rivera, J., & Durán, L. (2007). Cómo proteger de las plagas del suelo

los cormos-semilla de plátano y banano. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), La Lima, Cortez, HON.

Dzomeku, D., Darkey, J., Wünsche J., & Bam, R. (2014). Response of selected local plantain cultivars to PIBS (Plants issus de bourgeons secondaires) technique. J. Plant Develop. 21:117-123.

Esakkimuthu, D. & Shakila, S. (2017). Studies on the effect of media on sucker production of banana cv. POOVAN. The Asian Journal of Horticulture, 12 (1), 5558.

Espinoza, J., Bustamante, A., & Cedeño, G. (2022). Efectos del tamaño de cormo y bencilaminopurina sobre la proliferación del plátano en dos ambientes de propagación. *Ciencia y Agricultura*, *19*(1): 45-60.

García, L. (2024). Efecto de diferentes dosis de nitrógeno en la producción de semillas vegetativas de plátano curaré enano (*Musa sp*.), en el Caserío centro Yurac, Aguaytía.

Gastañadui Mozombite, W. L. (2022). Efecto de niveles de fertilización nitrogenada en el crecimiento y producción de cormos de Plátano (Musa paradisiaca). Var. Hartón en Atalaya – Ucayali.

Gema, P. (2021). Influencia de varias tecnologías sobre la propagación intensiva del plátano en cámara térmica. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria Manabí Manuel Félix López. Calceta. Ecuador. 62 p.

Guerra, L. (2019). *Evaluación del crecimiento de plántulas de plátano en sustratos alternativos en cámara térmica en Tambopata* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Tambopata, Perú.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. 6ta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México.

Infoagro. (2020). Tipos de sustratos de cultivo. México.

Jacobsen, A., Almekinders, E., Blomme, Dita, M., Ocimati, T., & Staver, C. (2019). Seed degeneration of banana planting materials: strategies for improved farmer access to healthy seed. *Plant Pathology*, 68, 207–228.

Lescot, T. & Staver, C. (2013). Bananas, plátanos y otras especies de musáceas. pp17 – 35. En: Material de propagación de calidad: Protocolos y normas para material propagado vegetativamente. FAO-CIP (Eds.). Roma, Italia. 157 p.

Mensah, P., Owusu, D., & Boateng, E. (2017). *Influencia del sustrato en la proliferación de raíces y brotes en cormos de plátano*. *African Journal of Horticultural Science*, 5(3), 22–30.

Meza, J. (2013). Propagación Vegetativa de Plátano Dominique (*Musa paradisiaca*) bajo dos porcentajes de sombra con la aplicación de cuatro dosis de Benzilaminopurina (Bap) en el Cantón El Empalme Provincia del Guayas.

MIDAGRI. (2023). Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. Lima, Perú.

Miranda Rea, L. E. (2022). Efecto de tres tipos de sustratos en la propagación asexual DE ALISO Alnus acuminata, Kunth en la Fundación Inti Daquilema, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Njukwe, E., Tenkouano, A., Amah, D., Sadik, K., Pérez, M., Nyine, M., & Dubois, T. (2010). Training manual. Macro-propagation of banana and plantain. USAID/ IITA/CRS, Kampala, Uganda. 23 p.

Opoku, E. M., Mensah, B. D., Amoako, P., OwusuNketia, S., & Dapaah, H. (2017). Sucker multiplication in plantain using chicken manure as a substrate supplement. African Journal of Plant Science, 11(5), 168-173.

Percy, A., & Limachi, J. (2014). Producción de hijuelos de plátano en cámara térmica. Puno.

Quispe, A. (2019). Propagación del banano Gross Michel con diferentes técnicas multiplicación en vivero en Belempata distrito de Echarati – La Convención-Cusco. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo Tropical. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú. 93 p.

Ramos, J. (2021). Técnicas de multiplicación para la producción de semillas vegetativas de plátano bellaco Harton (*Musa* sp.) en el caserío Centro Yurac Aguaytía.

Rodriguez, S., Ferreira, P., Rocha, A., Magalhães, D., Rocha, M., & Mara, P. (2013). Ecofisiología e eficiencia de uso da agua en bananeira. In: Memorias XX reunión de ACORBAT. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2013. 58 – 72 pp.

Romero, H., Real, J., Ordoñez, J., Gavino, G., & Saldarriaga, G. (2021). Metodología de la investigación. Editorial Edicumbre Quito.

Salvador, M. (2021). Efecto de diferentes dosis del enraizante Root-Hor® en la multiplicación rápida de semillas del plátano clon Hartón (bellaco) bajo condiciones de cámara térmica en la provincia de Padre Abad, Aguaytía – Perú. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa. Perú. 116 p.

Scott, G. (2021). A review of root, tuber and banana crops in developing countries: past, present and future. International Journal of Food Science and Technology, 56 (3), 1093–1114. https://doi.org/10.1111/ ijfs.14778

Singh, H., Selvarajan, R., Uma, S., & Karihaloo, J. (2011). Micropropagation for production of quality banana planting material in Asia-Pacific. New Delhi, India. Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology (APCoAB). 92 p.

Soto, M. (2008). Bananos: técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización. Tercera Edición. San José, Costa Rica: Litografía e Imprenta LIL.

Staver, C. & Lescot, T. (2010). La propagación de material de siembra de calidad para mejorar la salud y productividad del cultivo. Prácticas clave de las musáceas.

Tchoa, K., Mongomaké, K., Teixeira, J., Koné, D., & Kouadio, J. (2011). Effect of substrate type and bulb size on in vivo production of seedlings in three cultivars of plantain (*Musa* spp.). The African Journal of Plant Science and Biotechnology, 5 (1), 50-55.

Tchoa, K., Brahima, S. A., Kpatolo, C., Siaka, T., Daouda, K., & Mongomaké, K. (2016). Effects of substrates, weight and physiological stage of suckers on massive propagation of plantain (*Musa paradisiaca* L.). International Journal of Research – GRANTHAALAYAH, 4 (1), 1-13:

Tongo, A. (2021). Efecto de cuatro sustratos en el desarrollo de hijuelos de plátano (*Musa paradisiaca* L.), en condiciones de vivero; Otuccho, Cumba, Utcubamba, Amazonas. 2020. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica Amazónica. Bagua Grande. Perú. 73 p.

Tripathy, A., Sahoo, T. K., & Behera, S. R. (2011). Yield evaluation of paddy strawmushroom (*Volvariella* spp.) on various lignocellulose wastes. Bot. Res. Int.4(2):19-24.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLAS DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 1A

ANVA de Número de plántulas en primera evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.42	0.14	2.16	0.14
Tratamientos	4	5.87	1.46	22.52	<.0001
Error	12	0.78	0.06		
Total	19	7.08			
	CV = 7.44 %			R^2 = 0.88	

Tabla 2A

ANVA de Número de plántulas en segunda evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.057	0.091	1.28	0.32
Tratamientos	4	3.800	0.950	63.33	<.0001
Error	12	0.180	0.015		
Total	19	4.037			
	CV = 4.49 %			R^2 = 0.95	

Tabla 3A

ANVA de Altura de plántula en primera evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	358.88	119.62	1.20	0.35
Tratamientos	4	164.42	56.11	0.56	0.69
Error	12	1198.96	99.91		
Total	19	1782.30			
	CV = 11.49 %			R^2 = 0.32	

Tabla 4A

ANVA de Altura de plántula en segunda evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	22.32	7.44	1.00	0.42 ns
Tratamientos	4	12.38	3.09	0.41	0.79 ns
Error	12	89.57	7.46		
Total	19	124.28			
	CV = 5.21 %		R^2 = 0.27		

Tabla 5A

ANVA de Diámetro de plántula en primera evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.28	0.09	0.41	0.74 ns
Tratamientos	4	0.35	0.08	0.38	0.82 ns
Error	12	2.79	0.23		
Total	19	3.43			
	CV = 9.80 %		R^2 = 0.18		

Tabla 6A

ANVA de Diámetro de plántula en segunda evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.498	0.166	4.13	0.03 ns
Tratamientos	4	0.022	0.005	0.14	0.79 ns
Error	12	0.482	0.040		
Total	19	1.002			
	CV = 6.12 %		R^2 = 0.51		

Tabla 7A

ANVA de Número de hojas por plántula en primera evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	2.41	0.80	5.75	0.011 ns
Tratamientos	4	8.99	0.87	6.27	0.005 **
Error	12	1.68	0.14		
Total	19	7.61			
	CV = 5.26 %		R^2 = 0.77		

Tabla 8A

ANVA de Número de hojas por plántula en segunda evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.28	0.09	1.82	0.19 ns
Tratamientos	4	0.15	0.03	0.73	0.58 ns
Error	12	0.62	0.05		
Total	19	1.06			
	CV = 4.98 %		R^2 = 0.41		

Tabla 9A

ANVA de Peso de plántula en primera evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	238118.99	79372.99	3.44	0.05 ns
Tratamientos	4	34818.16	8704.54	0.38	0.82 ns
Error	12	276592.26	23049.34		
Total	19	549529.09			
	CV = 22.31 %			R^2 = 0.49	

Tabla 10A

ANVA de Peso de plántula en segunda evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	789.56	263.18	1.49	0.26 ns
Tratamientos	4	313.14	78.28	0.44	0.77 ns
Error	12	2122.57	176.88		
Total	19	3225.28			
	CV = 4.25 %		R^2 = 0.34		

Tabla 11A

ANVA de Longitud de raicilla en primera evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	44.96	14.98	3.43	0.05 ns
Tratamientos	4	8.99	2.24	0.52	0.72 ns
Error	12	52.38	4.36		
Total	19	106.34			
	CV = 8.64 %		R^2 = 0.50		

Tabla 12A

ANVA de Longitud de raicilla en segunda evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	33.61	11.20	5.99	0.090 ns
Tratamientos	4	2.89	0.72	0.39	0.813 ns
Error	12	22.43	1.86		
Total	19	58.94			
	CV = 6.87 %		R^2 = 0.6		

Tabla 13A

ANVA de Número de raicillas por plántula en primera evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	38.02	12.67	3.22	0.06 ns
Tratamientos	4	7.17	1.79	0.46	0.76 ns
Error	12	47.20	3.93		
Total	19	92.40			
	CV = 13.05 %			R^2 = 0.48	

Tabla 14A

ANVA de Número de raicillas en segunda evaluación

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	30.32	10.10	2.85	0.08
Tratamientos	4	8.44	2.11	0.60	0.67
Error	12	42.48	3.54		
Total	19	81.25			
	CV = 12.02 %			R^2 = 0.47	

ANEXO 2

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Figura 1A

Estructura de la cama térmica utilizada en el experimento



Figura 2A

Llenado de los cuadros experimentales con los sustratos



Figura 3A

Colocación del plástico transparente en la estructura de la cama térmica



Figura 4A

Corte del traslapado empleado para separación de los cuadros por sustrato



Figura 5A

Obtención de aserrín de bolaina



Figura 6A

Obtención de la cascarilla de arroz



Figura 7A

Obtención del compost de la meta 3 de la Municipalidad Provincial de Padre Abad



Figura 8A

Obtención de la arena extraída de la playa del río Aguaytía



Figura 9A

Obtención de la tierra Agrícola del Caserío Centro Yurac



Figura 10A

Obtención de hijuelos (Cormos) de plátano en el Caserío Nueva Delicia



Figura 11A

Eliminación del meristemo apical en los 200 cormos



Figura 12A

Trazado de una cruz de 2.5 cm de profundidad en los cormos



Figura 13A

Pesado de los 200 cormos antes de su siembra



Figura 14A

Inmersión de los cormos durante 10 minutos en una solución de 30 ml x 20 litros de agua





Figura 15A

Ubicación los cormos en los respectivos sustratos



Figura 16A

Observación inicial de los cormos en los diferentes sustratos



Figura 17A

Comparación de la temperatura y humedad entre la mañana y al medio día





Figura 18A

Resultados obtenidos de la temperatura y humedad a las 6:18 p.m



Figura 19A

Humedecimiento de los sustratos mediante riego manual



Figura 20A

Visita interna de la cama térmica sin presencia de humedad externa en los sustratos



Figura 21A

Brotación de plántulas en el sustrato de compost a los 25 días de la siembra



Figura 22A

Brotación de nuevas plántulas en el sustrato de cascarilla de arroz



Figura 23A

Emisión de plántulas en el sustrato de tierra agrícola



Figura 24A

Emisión de plántulas en el sustrato de arena



Figura 25A

Brotación continua de plántulas en los distintos sustratos evaluados



Figura 26A

Registro de temperatura y humedad en la cámara térmica a las 5:50 p. m. (29.2 °C y 80%)



Figura 27A

Plántulas vigorosas con emisión de sus primeras hojas verdaderas



Figura 28A

Desarrollo de plántulas con más de dos hojas en los diferentes sustratos evaluados



Figura 29A

Crecimiento de plántulas en los distintos sustratos a los 39 días de la siembra



Figura 30A

Desmalezado manual realizado en las plántulas durante los primeros días de diciembre



Figura 31A

Manchas en el sustrato asociadas a la exposición a altas temperaturas



Figura 32A

Registro de temperatura a las 8:00 a.m. durante el mes de diciembre



Figura 33A

Plántulas correspondientes al Bloque I y Bloque II



Figura 34A

Plántulas correspondientes al Bloque III y Bloque IV



Figura 35A

Primera evaluación de las plántulas realizada el 8 de enero de 2024



Figura 36A

Conteo de hojas y raíces durante la evaluación de plántulas



Figura 37A

Pesado de plántulas en balanza gramera y medición del diámetro de las raicillas



Figura 38A

Medición de la altura de las plantas durante la evaluación



Figura 39A

Medición del diámetro del tallo de las plantas



Figura 40A

Sustratos humedecidos después de la primera cosecha, en espera de la brotación para la segunda cosecha



Figura 41A

Emisión de nuevas plántulas en los diferentes sustratos evaluados



Figura 42A

Aparición de las primeras hojas de plántulas correspondientes a la segunda cosecha



Figura 43A

Diferencias entre sustratos y cantidad de plántulas emergidas



Figura 44A

Mayor brotación de plántulas en el sustrato de cascarilla de arroz



Figura 45A

Plántulas con más de dos hojas, coexistiendo con plántulas en etapas tempranas de desarrollo



Figura 46A

Última cosecha realizada el 17 de febrero, siguiendo los mismos procedimientos de la primera evaluación



Figura 47A

Visita del jurado a la cámara térmica en el caserío Río Negro, el 10 de febrero de 2024



Figura 48A

Supervisión del proyecto de tesis por el presidente del jurado evaluador Ing. Fredy Helar Velázquez Ramírez

