



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

Trabajo de Integración Curricular
previa la obtención del Grado
Académico de Ingeniero Agropecuario.

Proyecto de Investigación:

**POBLACIÓN ADECUADA EN UN SISTEMA DE CÍRCULO DE CULTIVO
SEMBRADO CON PLÁTANO (*Musa AAB*) EN ALTAS DENSIDADES EN LA EET-
PICHILINGUE**

Autor:

FABIAN ENRIQUE MONTIEL BRAVO

Director de Proyecto de Investigación:

DR. GREGORIO HUMBERTO VÁSCONEZ MONTUFAR

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Fabián Enrique Montiel Bravo, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

FABIÁN ENRIQUE MONTIEL BRAVO

C.C. 120674642-0



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montufar**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, **CERTIFICA** que el estudiante Fabián Enrique Montiel Bravo, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“POBLACIÓN ADECUADA EN UN SISTEMA DE CÍRCULO DE CULTIVO SEMBRADO CON PLÁTANO (*Musa AAB*) EN ALTAS DENSIDADES EN LA EET-PICHILINGUE”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....
Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montufar

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Dr. Gregorio Humberto Gregorio Vásconez Montúfar**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**POBLACIÓN ADECUADA EN UN SISTEMA DE CÍRCULO DE CULTIVO SEMBRADO CON PLÁTANO (*Musa* AAB) EN ALTAS DENSIDADES EN LA EET-PICHILINGUE**”, perteneciente al egresado Fabián Enrique Montiel Bravo, CERTIFICA: el cumplimiento de parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 7%.

URKUND

Documento	Fabián Montiel Bravo.pdf (D174638517)
Presentado	2023-09-26 11:06 (-05:00)
Presentado por	Gregorio Vásconez (gvasconez@uteq.edu.ec)
Recibido	gvasconez.uteq@analysis.arkund.com
Mensaje	Fabián Montiel Bravo Mostrar el mensaje completo

7% de estas 22 páginas, se componen de texto presente en 17 fuentes.

Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montufar

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“POBLACIÓN ADECUADA EN UN SISTEMA DE CÍRCULO DE CULTIVO
SEMBRADO CON PLÁTANO (*Musa* AAB) EN ALTAS DENSIDADES EN LA EET-
PICHILINGUE”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Camilo Alexander Mestanza Uquillas

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. José Francisco Espinosa Carrillo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jenny Milena Acosta Farias M.Sc.

MOCACHE – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme salud, fortaleza y permitir llegar a esta etapa de mi vida.

A mis padres por ser el motor principal que me han apoyado y guiado por el buen camino con buenos ejemplos que me sirvieron para cumplir mis metas y sueños.

A las Autoridades y Docentes de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, que nos compartieron sus conocimientos y experiencias durante la carrera estudiantil.

Agradezco a las autoridades de la institución “INIAP” en la EET-Pichilingue, por Brindarme la oportunidad de realizar toda la información necesaria para hacer posible este proyecto y a las demás personas que de una u otra manera aportaron para el desarrollo de la tesis.

Fabian Enrique Montiel Bravo

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme dado salud, fortaleza y sabiduría para continuar en este largo camino como estudiante y hoy poder cumplir unos de mis objetivos.

A mis padres.

Gracias a sus consejos, sabidurías, motivación y apoyo incondicional en los momentos más difíciles me ha permitido seguir luchando para no dejar de lado mis metas y así lograr cumplir mis sueños y los de mis padres.

Y a mi pareja, y a su familia que de forma directa me han apoyado culminar este proyecto de investigación.

Fabian Enrique Montiel Bravo

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico y productivo del plátano, bajo un sistema de círculo de cultivo en altas densidades, la presente investigación se llevó a cabo en la EET-Pichilingue, ubicado en el km 5 vía Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, Los Ríos, a una altitud de 120 msnm. La base del experimento fue un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con siete tratamientos y tres repeticiones. Este tratamiento corresponde a la siembra de plantas que forman un hexágono, heptágono, octágono, nonágono, decágono, endecágono y dodecágono, con un número de plantas de 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 plantas/imagen, con una distancia entre las imágenes desde el centro hacia el siguiente número 5,5 m. Los resultados de las variables altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, calibre y longitud del fruto, número de manos y de dedos por racimo y semanas a la cosecha, luego de su análisis no mostraron diferencias estadísticas, lo cual sugiere que estas variables no fueron influenciadas por las densidades de plantación utilizadas. El análisis de varianza realizado a la variable peso del racimo, presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos utilizados y, el mejor promedio del peso de racimo 10.63 kg se obtuvo en el tratamiento T1. Las conclusiones, indica que estas variables no fueron influenciadas por ninguna de las densidades de plantación utilizadas, y a la varianza aplicada sobre la variable, se presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos utilizados, y la rentabilidad que se tuvo un mayor número de especies vegetales por hectárea, y en el análisis de la relación beneficio costo alcanzo el 24% lo que genera una mayor ganancia a comparación de los otros tratamientos.

Palabras clave: densidades, hexágono, calibre, manos, rendimiento.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the agronomic and productive behavior of plantain under a high-density crop circle system, the present research was carried out at the EET-Pichilingue, located at km 5 via Quevedo-El Empalme, canton Mocache, Los Ríos, at an altitude of 120 meters above sea level. The basis of the experiment was a randomized complete block design (RCBD) with seven treatments and three replications. 5 m. The results of the variables plant height, stem diameter, number of leaves, fruit. This treatment corresponds to the sowing of plants forming a hexagon, heptagon, octagon, nonagon, decagon, endecagon and dodecagon, with a number of plants of 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 plants/image, with a distance between the images from the center to the next number of 5t size and length, number of hands and fingers per cluster and weeks to harvest, after analysis showed no statistical differences, suggesting that these variables were not influenced by the planting densities used. The analysis of variance performed on the bunch weight variable showed significant statistical differences among the treatments used, and the best average bunch weight of 10.63 kg was obtained in treatment T1. The conclusions indicate that these variables were not influenced by any of the planting densities used, and the variance applied to the variable, showed significant statistical differences between the treatments used, and the profitability that had a greater number of plant species per hectare, and in the analysis of the benefit-cost ratio reached 24% which generates a greater gain compared to the other treatments.

Key words: densities, hexagon, caliber, hands, yield

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CÓDIGO DUBLÍN.....	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. <i>Planteamiento del problema</i>	4
Diagnóstico.....	5
Pronóstico	5
1.1.2. <i>Formulación del problema</i>	5
1.1.3. <i>Sistematización del problema</i>	6
1.2. Objetivos	6
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	6
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	6
1.3. Justificación.....	7
CAPÍTULO II.....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1. Marco conceptual	9
2.1.1. <i>Suelo</i>	9

2.1.2.	<i>Fertilización</i>	9
2.1.3.	<i>Costos</i>	9
2.2.	Marco teórico	10
2.2.1.	<i>Generalidades del plátano</i>	10
2.2.2.	<i>Descripción taxonómica.</i>	10
2.2.3.	<i>Descripción botánica</i>	11
2.2.3.1.	<i>Sistema radicular.</i>	11
2.2.3.2.	<i>Bulbo o rizoma.</i>	11
2.2.3.3.	<i>Hojas.</i>	11
2.2.3.4.	<i>Pseudotallo.</i>	12
2.2.4.	<i>Propagación del plátano.</i>	12
2.2.4.1.	<i>Selección y propagación por colinos.</i>	12
2.2.4.2.	<i>Micropropagación.</i>	13
2.2.3.	<i>Variedades de plátano en Ecuador</i>	13
2.2.4.	<i>Fenología del cultivo</i>	14
2.2.5.	<i>Importancia nutricional</i>	15
2.2.6.	<i>Riego en el cultivo de plátano</i>	15
2.2.7.	<i>Sigatoka en el cultivo.</i>	16
2.2.8.	<i>Uso de las altas densidades de siembra en el plátano</i>	17
CAPÍTULO III		9
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		9
3.1.	Localización del experimento	20
3.2.	Tipo de investigación	20
3.3.	Método de investigación	20
3.4.	Fuente de recopilación de información	20
3.5.	Diseño experimental	20
3.5.1.	<i>Modelo matemático</i>	21

3.5.2.	<i>Descripción de los tratamientos y distancia de siembra</i>	22
3.6.	Manejo del experimento.....	24
3.7.	Variables estudiar.....	27
3.7.1.	<i>Variables fenológicas</i>	27
3.7.1.1.	<i>Altura (m) y diámetro (cm) del pseudotallo.</i>	27
3.7.1.2.	<i>Número de hojas.</i>	27
3.7.2.	<i>Variables productivas</i>	27
3.7.2.1.	<i>Calibre (mm) y longitud (cm) del fruto.</i>	27
3.7.2.2.	<i>Número de manos y dedos.</i>	27
3.7.2.3.	<i>Peso del racimo (kg).</i>	28
3.7.2.4.	<i>Número de semanas a la cosecha.</i>	28
3.7.3.	<i>Análisis de costo</i>	28
3.8.	Tratamientos de los datos.....	28
3.9.	Recursos humanos y materiales.....	28
3.9.1.	<i>Recursos humanos</i>	28
3.9.2.	<i>Materiales y equipo de campo</i>	29
CAPÍTULO IV.....		30
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		30
4.1.	Análisis e interpretación de resultados de variables fenológicas.....	31
4.2.	Análisis e interpretación de resultados de variables productivas.....	34
4.2.1.	<i>Calibre del fruto</i>	34
4.2.2.	<i>Longitud del fruto (cm).</i>	35
4.2.3.	<i>Número de manos por racimo</i>	36
4.2.4.	<i>Número de dedos por racimo</i>	37
4.2.5.	<i>Peso del racimo (kg).</i>	38
4.2.6.	<i>Número de semanas a la cosecha.</i>	39
4.2.7.	<i>Análisis económico</i>	40

CAPÍTULO V.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1. Conclusiones	43
5.2. Recomendaciones.....	44
CAPÍTULO VI.....	45
BIBLIOGRAFÍA	45
6. 1. Bibliografía.....	46
CAPITULO VII.....	52
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del Barraganete.....	10
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza indicadas para el ensayo, donde se encontró la población adecuada para una óptima producción, en un sistema de círculo de cultivo sembrado con plátano en altas densidades en la EET-Pichilingue. 2023.	21
Tabla 3. Densidad de Plantas/ha.....	22
Tabla 4. Distancias de siembra y figuras de los diferentes tratamientos EET-Pichilingue. 2023.	23
Tabla 5. Materiales y equipos utilizados en campo.....	29
Tabla 6. Análisis económico por hectárea y por año de los tratamientos en estudio.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores promedios de altura de la planta (m) con diferentes densidades de siembra	31
Figura 2. Valores promedios de diámetro del tallo (cm) con diferentes densidades de siembra	32
Figura 3. Valores promedios del número de hojas con diferentes densidades de siembra	33
Figura 4. Valores promedios del calibre del fruto con diferentes densidades de siembra	34
Figura 5. Valores promedios de la longitud del fruto (cm) con diferentes densidades de siembra	35
Figura 6. Valores promedios del número de manos con diferentes densidades de siembra	36
Figura 7. Valores promedios del número de dedos por racimos con diferentes densidades de siembra	37
Figura 8. Valores promedios del peso del racimo (kg) con diferentes densidades de siembra	38
Figura 9. Valores promedios de semanas a la cosecha con diferentes densidades de siembra	39

ÍNDICE DE ANEXOS

7.1. Anexo 1 Tablas de análisis de varianza (ANDEVA)	53
7.2. Anexo 2 Evidencia fotográficas de la investigación.	55

CÓDIGO DUBLÍN

Título	“POBLACIÓN ADECUADA EN UN SISTEMA DE CÍRCULO DE CULTIVO SEMBRADO CON PLÁTANO (<i>Musa AAB</i>) EN ALTAS DENSIDADES EN LA EET-PICHILINGUE”
Autora:	Fabian Enrique Montiel Bravo
Palabras claves	Densidades, hexágono, calibre, manos, rendimiento.
Fecha de publicación:	2023
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Carrera de Agropecuaria.
Resumen	Con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico, y productivo del plátano, bajo un sistema de círculo de cultivo en altas densidades, la presente investigación se llevó a cabo en la EET-Pichilingue, ubicado en el km 5 vía Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, Los Ríos, a una altitud de 120 msnm. La base del experimento fue un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con siete tratamientos y tres repeticiones. Este tratamiento corresponde a la siembra de plantas que forman un hexágono, heptágono, octágono, nonágono, decágono, endecágono y dodecágono, con un número de plantas de 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 plantas/imagen, con una distancia entre las imágenes desde el centro hacia el siguiente número 5,5 m. Los resultados de las variables altura de planta, diámetro del tallo, numero de hojas, calibre y longitud del fruto, número de manos y de dedos por racimo y semanas a la cosecha, luego de su análisis no mostraron diferencias estadísticas, lo cual sugiere que estas variables no fueron influenciadas por las densidades de plantación utilizadas. El análisis de varianza realizado a la variable peso del racimo, presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos utilizados y, el mejor promedio del peso de racimo 10.63 kg se obtuvo en el tratamiento T1. Las conclusiones, indica que estas variables no fueron influenciadas por ninguna de las densidades de plantación utilizadas, y a la varianza aplicada sobre la variable, se presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos utilizados, y la rentabilidad que se tuvo un mayor número de especies vegetales por hectárea, y en el análisis de la relación beneficio costo alcanzo el 24% lo que genera una mayor ganancia a comparación de los otros tratamientos.
Abstracto	With the objective of evaluating the agronomic, and productive behavior of plantain under a high density crop circle system, the present research was carried out at the EET-Pichilingue, located at km 5 via Quevedo-El Empalme, canton Mocache, Los Ríos, at an altitude of 120 meters above sea level. The basis of the experiment was a randomized complete block design (RCBD) with seven treatments and three replications.5 m. The results of the variables plant height, stem diameter, number of leaves, frui.This treatment corresponds to the sowing of plants forming a hexagon, heptagon, octagon, nonagon, decagon, endecagon and dodecagon, with a number of plants of 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 plants/image, with a distance between the images from the center to the next number of 5t size and length, number of hands and fingers per cluster and weeks to harvest, after analysis showed no statistical differences, suggesting that these variables were not influenced by the planting densities used. The analysis of variance performed on the bunch weight variable showed significant statistical differences among the treatments used, and the best average bunch weight of 10.63 kg was obtained in treatment T1. The conclusions indicate that these variables were not influenced by any of the planting densities used, and the variance applied to the variable, showed significant statistical differences between the treatments used, and the profitability that had a greater number of plant species per hectare, and in the analysis of the benefit-cost ratio reached 24% which generates a greater gain compared to the other treatments. Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)
Descripción:	71 hojas, dimensiones: 29 x 21 cm + CD-ROM.
URL:	(En blanco hasta cuando se disponga los repositorios)

Introducción

El cultivo de plátano (*Musa AAB*) contribuye significativamente al avance socioeconómico y a la seguridad alimentaria nacional del Ecuador. Desde una perspectiva socioeconómica, los plátanos proporcionan una fuente estable y temporal de empleo, así como una fuente a largo plazo de alimentos ricos en energía. Las principales variedades utilizadas son 'Dominico', principalmente para consumo interno, y 'Barraganete', principalmente para exportación. Se estima que anualmente se exportan unas 90.000 toneladas de estos plátanos.

En Ecuador, el plátano es un rubro de exportación y una fuente de empleo en diversas zonas del país. Debido a la importancia de este cultivo, se hace necesario crear herramientas confiables que permitan a los agricultores gestionar sus cultivos de forma plena y rentable (1). Según los datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, hasta el año 2020, la superficie plantada de plátano representó el 9.67% de los cultivos permanentes a nivel nacional, correspondiente a una producción anual de 276497 t, siendo la provincia de Manabí la de mayor producción. La producción anual de plátano en Manabí representa el 38.28% respecto a la producción nacional de este cultivo (2).

Los productores plataneros medianos entre 5 a 10 ha representan el 10%, y los pequeños, entre 0.5 y 5 ha, el 85% con escaso acceso a la tecnología, pero aun así llevaron a Ecuador al primer puesto entre los exportadores del mundo, hoy, se ha perdido ese podio a manos de Guatemala, quien nos relegó al número 2 del ranking mundial.

El cantón El Carmen (provincia de Manabí) es el centro de la producción platanera nacional, procesa el 80% de las exportaciones, su producción es muy baja debido a la falta de prácticas culturales, bajas densidades, falta de tecnificación, en la mayoría de las zonas no se fertiliza y tampoco se riega como es necesario en la época seca, eso hace que los racimos no logren desarrollarse al máximo, sin embargo la producción actual oscila entre 600 y 700 cajas/ha, aunque algunos llegan hasta 1900 cajas/ha, pero con uso de tecnología.

Esta musácea ha estado relacionada con el cacao, ya que los expertos más respetados del país aconsejan sembrarlo como sombra del cacao durante los dos y hasta tres primeros años del cultivo, mientras que otros productores por años han utilizado métodos tradicionales de siembra, a una distancia de 4 m x 4 m, lo que permite 625 plantas por hectárea, o a 3 m x 3 m, con 1111 plantas, pero ahora el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIAP) Sistemas de doble hilera en altas densidades que permiten tener una densidad poblacional de 2200 hasta 3500 plantas/ha. La cual permite tener mayores rendimientos por m².

El nuevo método se denomina círculo de cultivo, el mismo que consiste en hacer un círculo de 2 m de radio, en cuyo perímetro se sembraran 6, 7, 8, hasta 12 plantas para formar un hexágono, heptágono, octágono u dodecágono, cubriendo densidades de 2208, 2576, 2944 o 4416 plantas/ha respectivamente.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

En problema del incremento poblacional y el consecuente aumento en la demanda de alimentos, requiere soluciones innovadoras que contribuyan a una mayor producción y al cuidado del ambiente. Entre las haciendas con futuro se encuentran los sistemas de plantación en combinación de especies, cultivos intercalados y cultivos en altas densidades.

En investigaciones realizadas en cultivos como café y cacao, se ha comprobado que aumentar la densidad de siembra tiene un efecto significativo en el incremento de la producción. En el caso del plátano, se ha registrado un aumento en el rendimiento que varía entre un 270% y un 345% al emplear densidades de siembra de 3000 a 5000 plantas por hectárea, en comparación con la densidad convencional de 1000 plantas por hectárea. Además, una mayor densidad de plantas también contribuye a reducir la aparición de la enfermedad conocida como sigatoka (3).

El peso de los racimos se reduce con la producción en altas densidades, pero este factor es compensado con la presencia de un mayor número de racimos por área. Este fenómeno ha sido también observado en cultivos como café y cacao. Por otro lado, se debe indicar que las altas densidades incrementan el tiempo a la floración y a la cosecha (4).

El Programa Nacional de Banano, Plátano y Otras Musáceas, tiene como estrategia el desarrollo de prácticas de cultivo que incidan en una mayor eficiencia de la producción, promoviendo la generación de tecnologías limpias a través de la utilización de productos amigables con el ambiente, uso racional de pesticidas y prácticas de conservación de los recursos naturales.

El INIAP busca que, en el proceso de generación de nuevas tecnologías, esta se adapte a las condiciones y preferencias de los productores y sobre todo que ayuden a resolver los problemas del agro ecuatoriano; para esto se utiliza la metodología de validación participativa la cual aparte de la metodología convencional de ensayos de investigación se sumen las capacidades y conocimientos existentes en los productores para así seleccionar y desarrollar las nuevas tecnologías (5).

Diagnóstico

El rendimiento promedio de banano registrado en el país es de 5 toneladas/ha/año, lo cual es relativamente bajo comparado con el rendimiento obtenido en Colombia, donde oscila entre unas 10 toneladas/ha/año en sistemas tradicionales y más de 20 toneladas/ha/año. En instalaciones técnicas.

La baja productividad registrada en el país es consecuencia de factores bióticos (sigatoka negra, nematodos, picudo negro, virus, etc.), abióticos (sequía) y tecnológicos (densidad poblacional), bajos números, riego, nutrición, control de plagas, etc.). Porque del total de la superficie cultivada sólo el 14% está irrigada, el 33% fertilizada y el 34% controlada contra plagas. En otras palabras, más del 60% de las áreas nacionales no están en tecnología, por lo que es fácil obtener la causa de las ganancias (2).

Para hacer un uso más apropiado de la tierra y para desarrollar la rentabilidad de los cultivos, el hombre ha recurrido al empleo de prácticas agronómicas y/o cultivar variedades altamente productivas. Para el caso del cultivo del plátano se presenta una nueva alternativa, la cual hace relación a la siembra de altas densidades de población, con altos rendimientos que pueden incrementar más del 100%.

Pronóstico

Los problemas vinculados a la producción de plátano afectarían a pequeños y medianos productores, provocando fluctuaciones de precios, baja producción, desabastecimiento o sobreproducción.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál será la población adecuada para una óptima producción, en un sistema circular de cultivo sembrado con plátano en altas densidades en la EET-Pichilingue?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál será el comportamiento agronómico del plátano madre (R0), bajo un sistema de círculo de cultivo sembrado en la EET-Pichilingue en altas densidades?

¿Cuál será la variable de rendimiento del plátano (R0) cultivado en un sistema circular de alta densidad en EET-Pichilingue?

¿Cuál será el costo de cada uno de los tratamientos que permita una mayor rentabilidad?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Encontrar la población adecuada para una óptima producción, en un sistema de círculo de cultivo sembrado con plátano en altas densidades en la EET-Pichilingue.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico del plátano bajo un sistema de círculo de cultivo sembrado en la EET-Pichilingue en altas densidades.
- Determinar las variables productivas del cultivo de plátano bajo un sistema de círculo de cultivo sembrado en la EET-Pichilingue en altas densidades.
- Realizar el análisis de costos de cada uno de los tratamientos de sistema de círculo de cultivo sembrado en la EET-Pichilingue en altas densidades.

1.3. Justificación

La nueva orientación estratégica del INIAP constituye un cambio en el paradigma institucional e incorpora lineamientos para alcanzar el mejoramiento de la productividad y competitividad agropecuaria, a fin de contribuir no solo a la generación de divisas sino también a la seguridad alimentaria y al incremento del nivel de vida de la población ecuatoriana. La tecnología generada permitirá optimizar los recursos destinados a la producción agropecuaria, reducir sus costos y mejorar la calidad de los productos (4).

Sin aumento en la productividad, no es posible incrementar la remuneración de la mano de obra. Sin reducción en los costos de producción, no es posible rebajar los precios de los alimentos. Las ventajas competitivas del país están determinadas cada vez más por el nivel tecnológico y los conocimientos que se emplean en la producción, que por los recursos naturales disponibles. Es decir, la capacidad de desarrollo de nuestro país depende cada vez más de la tecnología que seamos capaces de utilizar.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Suelo

El suelo se representa como un ente natural tridimensional, trifásico, dinámico, sobre el cual crecen y se desarrollan la mayoría de las plantas. Es un ente porque tiene vida, tridimensional porque es visto a lo largo, ancho y profundidad; trifásico porque existe fase sólida, líquida y gaseosa; dinámico porque dentro del suelo (6).

2.1.2. Fertilización

La fertilización es la actividad efectuada de forma química, orgánica o foliar; de acuerdo con las necesidades del cultivo en base a un análisis de suelo, Proporciona a las plantas los nutrientes esenciales para que puedan rendir al máximo en términos de cantidad y calidad. (7).

2.1.3. Costos

Los costos de producción se refieren al equivalente en dinero de los bienes o servicios consumidos en el desarrollo de un proceso de producción. Los costos de producción son aquellos elementos que tienen gran incidencia en la toma de decisiones de los productores sobre la inversión que se va a realizar en el cultivo (8).

2.1.4. Productividad

Este índice, que normalmente se expresa en términos de unidades de tiempo, muestra cuán estrechamente se corresponden el trabajo y el resultado. La productividad se define como la relación entre la cantidad del producto obtenido y la cantidad de recursos utilizados (9).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Generalidades del plátano

El plátano tiene su origen en el sur de Asia y se conoció el Mar Mediterráneo en el 650 d.C. Llegó a Canarias en el siglo XV y luego a América en 1516. Su cultivo comercial se inició en Canarias a finales del siglo XIX. Tanto el plátano como la banana son propios del suroeste de Asia y se han expandido a América Central, América del Sur y África subtropical, siendo alimentos esenciales en regiones tropicales. (10). Fue llevado hacia las islas del Caribe y el Nuevo Mundo por exploradores, colonizadores y misioneros europeos (11).

Los bananos y las plantas de banano son híbridos entre *M. acuminata* y *M. balbiciana* y requieren una nomenclatura especial. El genoma o grupo cromosómico de *M. acuminata* se denomina "A" y el de *M. balbiciana* se denomina "B". Las plantas de plátano forman híbridos triploides de fórmula AAB, de los que se pueden distinguir dos tipos, por un lado, clones que poseen racimos de frutos numerosos y de tamaño medio, y por otro lado racimos de frutos grandes y raros, como es el caso del plátano de Barraganete, también llamado "curare" (12).

2.2.2. Descripción taxonómica.

Establecer relaciones evolutivas entre varias especies y comprender la biodiversidad dentro de un grupo específico de organismos requiere esta información. La clasificación taxonómica del plátano Barraganete según Solís (7), se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1.
Taxonomía del Barraganete

Taxonomía del plátano de Barraganete	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	<i>Musa</i>
Especie:	AAB

Fuente: (7)

2.2.3. Descripción botánica

La planta es una hierba perenne alta. Se considera una hierba porque sus partes aéreas mueren y caen al suelo al final de la temporada de crecimiento, y es perenne porque posee un vástago llamado hijo, el cual emerge en la base de la planta para reemplazar a la planta madre. La planta madre, su descendencia y el rizoma subterráneo se denominan “mata”. La denominada mata es monocotiledónea de alta presencia, originadas de cruces a nivel intra e inter-específicas entre *Musa acuminata* Colla (genoma A) y *Musa balbisiana* Colla (genoma B) pertenecientes a la familia *Musaceae* (13).

2.2.3.1. Sistema radicular.

El sistema radicular del plátano se encuentra distribuido en el suelo por sus raíces primarias, secundarias y terciarias, dado que están comprometidos a proporcionar sostenibilidad, anclaje a la planta, y la absorción de agua y nutrientes vitales para su desarrollo, permitiendo un buen crecimiento del cultivo. La longitud y crecimiento de raíces influye en la estructura y textura del suelo (14).

2.2.3.2. Bulbo o rizoma.

El bulbo o rizoma del plátano se caracteriza por su forma cilíndrica, grosor y textura carnosa, presentando entrenudos vestigiales. Compuesto mayormente por parénquima con abundantes gránulos de almidón, este bulbo desempeña un papel crucial en el cultivo al almacenar reservas energéticas, contribuyendo significativamente a la planta (15).

2.2.3.3. Hojas.

Las hojas son grandes y dispuestas en forma de espiral, con medidas que oscilan entre los 2 a 4 m de largo y 0.5 m de ancho. Poseen un peciolo con una longitud de aproximadamente 1 m o más y, un limbo elíptico alargado, un poco ondulado y glabro, ligeramente decurrente hacia el peciolo (16).

2.2.3.4. Pseudotallo.

El pseudotallo está formado por las vainas envolventes de las hojas que proporcionan a la planta soporte y la capacidad de acopiar reservas amiláceas. Es cilíndrico, recto, rígido (15). El auténtico tallo de la planta de la banana es parcial o totalmente subterráneo, y es conocido técnicamente como un rizoma tuberoso (16).

2.2.4. Propagación del plátano.

El banano, como la mayoría de las musáceas comestibles, no se reproduce sexualmente (semillas), por lo que la única forma de propagación es vegetativa o asexual (colinos, cormos, cepas y cebollines). Si bien la propagación vegetativa es la forma más efectiva de propagación, esta técnica también permite la propagación de plagas y sus patógenos que causan problemas en el desarrollo de las plantas. Es importante considerar el origen del material de siembra de acuerdo con las regulaciones gubernamentales aplicables (17).

Para obtener plantas sanas y vigorosas que garanticen la sanidad vegetal y aseguren buenos rendimientos del cultivo, los colinos (hijos) y cebollines deben obtenerse de plantas madre seleccionadas, las cuales deben tener las siguientes características (18):

- Plantas sanas, libre de plagas y enfermedades.
- Plantas con buen vigor vegetal y tamaño de racimo.
- Plantas adaptadas a la zona de producción.

2.2.4.1. Selección y propagación por colinos.

Es el método tradicional más utilizado por los productores, se basa en extraer de las plantas madre seleccionadas los colinos para efectuar la siembra directa. Para este método de propagación se debe considerar las siguientes recomendaciones técnicas (18):

- Extraer colinos de hojas estrechas y rizoma grande, con una altura entre 0.5 y 1 m, con un peso aproximado entre 1 a 2 kg.

- Con la ayuda de un machete afilado, se debe limpiar o retirar todo el material externo de la parte del colino que se encuentra en el corno, con la finalidad de eliminar las fracciones afectadas por huevos y larvas de nematodos y/o picudo negro.
- Desinfectar los colinos sumergiéndolos por 30 segundos en una solución de insecticida-nematicida, o en agua caliente a 50° C, para eliminar larvas o huevos de plagas que se localicen al interior del corno.
- Plantar los colinos debidamente preparados y desinfectados el mismo día y no dejarlos de un día para otro, debido a que pueden volverse a infestar.
- Clasificar los colinos según el tamaño de los nodos para formar parcelas o bloques homogéneos.

2.2.4.2. Micropropagación.

La micropropagación es una de las aplicaciones biotecnológicas más completas del cultivo *in vitro*. Consiste en la propagación de plantas en un medio artificial controlado mediante un medio de cultivo, lo cual implica que cada una de las plantas propagadas ostente similares características de la planta donante del explante. Los primeros trabajos sobre propagación *in vitro* de bananos se efectuaron en la década de 1970 en China y Taiwán, limitados a escasos cultivares de *Musa* AAA, primordialmente de ejemplares Cavendish (16).

2.2.3. Variedades de plátano en Ecuador

Las principales variedades cultivadas en Ecuador son Barraganete y Dominico, la más popular en el territorio es Dominico, principalmente para consumo interno, mientras que Barraganete se cultiva principalmente para exportación (10). El barraganete es un triploide (AAB) cuyo pseudotallo es superior al del plátano dominico en general. Su color es verde claro sin el borde exterior de la hoja. El racimo posee un menor número de manos y frutos. Y el dominico, solo la primera mano tiene doble hilera de frutos. Causa menos descendencia que los clones Dominico y Dominico Hartón, tiene dedos más grandes y mayor peso que otras plantas de banano, su fase de desarrollo es similar a la de otras variedades y dura alrededor de 12 meses dependiendo del manejo que se le dé (19).

Las matas del clon Barraganete tienen un ciclo anual y crecen de forma continua, produciendo hasta 40 hojas durante la etapa vegetativa. el desarrollo completo de una hoja

puede requerir de siete días (20). La cosecha de plátano florece en promedio después de 7 meses; Las inflorescencias producen frutos partenocárpicos, su número oscila entre 30 y 35 dedos por racimo; El número de brácteas o manos, a su vez, varía entre 6 y 8, dependiendo de la fertilidad del suelo, el clima y el manejo del cultivo (21).

Molero *et al* (22) afirman que la extracción de nutrientes por el cultivo de plátano Hartón al momento de la cosecha fue aproximadamente de N: 150; P: 60; Ca: 215; Mg: 140; Mn: 12; Fe: 5; Zn: 1,5; B: 1,25 y Cu: 0,5 kg anuales por hectárea por lo que resultó importante utilizar dosis de restitución para mantener la fertilidad del suelo y garantizar una alta producción. Estos mismos autores han señalado que el N, el k y en menor cantidad el Mg en el cultivo de plátano son los elementos más importantes para su crecimiento y producción.

En contraposición a esto, los hallazgos de Cobeña *et al* (23) evidenciaron que en plátanos Barraganete los nutrientes extraídos en mayor cantidad eran K, Ca, N, P y Mg, cuando se ejecutaron fertilizaciones con N y K₂O; con respecto al contenido de P y Mg, y no hubo un comportamiento mantenido de extracción de estos dos elementos. el Mg tiene gran relevancia en el cultivo. El 75% de la cantidad de Mg contenido en las hojas participa en la síntesis de proteínas y entre el 15 y 20% del Mg total está asociado con los pigmentos clorofílicos (24).

2.2.4. Fenología del cultivo

Fenológicamente, el cultivo de plátano es una planta herbácea, que pertenece a la familia de las musáceas, la cual consta de un tallo subterráneo (Cormo o Rizoma) del cual brota un pseudotallo aéreo, este cormo emite raíces y yemas laterales los cuales formaran los hijos o retoños. Morfológicamente el desarrollo de la planta de plátano está comprendido en tres fases (25):

- i) Fase Vegetativa. - Su duración es de seis meses y es donde consecuentemente ocurre la formación de raíces tanto principales y secundarias, desarrollo del pseudotallo e hijos.
- ii) Fase Floral. - La duración esta aproximadamente de tres meses a partir de los seis meses dados en la fase vegetativa. El tallo floral se eleva desde el bulbo a través del pseudotallo y es visible hasta que se forman las flores.

- iii) Fase de Fructificación: Duración aproximada de tres meses posteriormente a la fase floral, diferenciación entre flores masculinas y las flores femeninas (dedos), con disminución gradual del área floral y finaliza con la cosecha, desde inicio de la floración a la cosecha el tiempo es de 81 a 90 días.

2.2.5. *Importancia nutricional*

El plátano es rico en fibra y efectivo para dar energía al organismo. El plátano, también conocido como verde, plátano barraganete. Se produce en la región litoral en las zonas de clima cálido, en el 2011 según datos de INIAP había sembradas 144.981 ha para el autoconsumo y el barraganete que se lo destina a la exportación, principalmente a Europa y Estados Unidos (26).

Existen amplias variaciones reportadas en diferentes cultivares de banano para carbohidratos, proteínas, fenoles, β -caroteno, minerales (Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, B, Cu y Mn) y vitamina C. Se han realizado mejoramientos para evolucionar cultivares ricos en β -caroteno como el grupo Fe y los híbridos FHIA. La composición volátil y la variación entre cultivares también se han estudiado ampliamente (27).

2.2.6. *Riego en el cultivo de plátano*

El agua en las plantas es de importancia vital, debido a que la mayoría de los procesos vegetales están de una u otra manera ya sea directa o indirectamente afectados por su aprovisionamiento. Por ello, cuando las plantas se desarrollan con restricciones de humedad, alcanzan una altura menor a la normal y el desarrollo de sus órganos se desarrolla con lentitud con relación a aquellas que crecieron sin déficit hídrico. De esta manera, para obtener un buen rendimiento en cualquier cultivo, es necesario evitar el déficit de agua (28).

Los plátanos requieren grandes cantidades de agua y son muy sensibles a la sequía, ya que ésta dificulta la aparición de las flores, lo que da lugar a racimos torcidos y segmentos muy cortos en las nervaduras, por lo que el fruto no puede mantenerse erguido. La sequía también provoca atrofia foliar, lo que provoca alteraciones en el desarrollo de las hojas. Una humedad suficiente del suelo es fundamental para obtener una buena producción, especialmente en los meses secos del año, cuando se debe asegurar un riego adecuado. Sin embargo, se debe

tener precaución y no regar en exceso, ya que los plátanos son extremadamente susceptibles a sufrir daños por inundaciones y suelos constantemente húmedos o mal drenados (10).

Este cultivo es extremadamente exigente en nutrientes y bastante sensible a los factores de crecimiento relacionados con el suelo. El sistema bajo fertirrigación por goteo y el uso de mantillo de biomasa de banano mejoran la fertilidad química y aumentaron la actividad microbiana del suelo. El uso de mucha tiende a estandarizar las posibles diferencias en los parámetros Fito técnicos del banano entre los sistemas de riego por goteo y microaspersión (29).

2.2.7. Sigatoka en el cultivo.

La Sigatoka amarilla es originaria del sudeste asiático y fue identificada por primera vez en la isla de Java en el año de 1902. Esta enfermedad fue particularmente importante en el valle de Sigatoka en las islas Fiji del Pacífico sur. En cambio, la Sigatoka negra tiene su origen en las islas Salomón-Nueva Guinea; sin embargo, su primer registro fue también en las islas Fiji en el año de 1963. La mancha foliar eumusae se encuentra presente en el sudeste asiático. De acuerdo con la cronología de los reportes de las tres Sigatokas, se sugiere que el sudeste asiático es el centro de origen de estas enfermedades, lo cual coincide con el centro de diversidad de bananos.

De las tres enfermedades, sin duda alguna la Sigatoka negra es la más importante en la mayoría de las regiones productoras de musáceas en el mundo, por su amplia distribución y su agresividad en los diferentes cultivares de bananos y plátanos, así como por los períodos de incubación cortos y su gran capacidad de diseminación (30).

Existen diferentes especies de *Mycosphaerella* que causan manchas en las hojas de bananos y plátanos en el mundo. Entre ellas, las de mayor importancia son:

- 1) *Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder (anamorfo *Pseudocercospora fijiensis* Deighton), agente causal del “chamusco” o Sigatoka amarilla,
- 2) *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (anamorfo de *Paracercospora fijiensis* Deighton), causante de la Sigatoka negra.

3) *Mycosphaerella eumusae* (anamorfo *Pseudocercospora eumusae*), agente causal de la mancha foliar eumusae.

2.2.8. Uso de las altas densidades de siembra en el plátano

A pesar de la inversión para mejorar y optimizar la producción de banano en Ecuador, la gestión postcosecha y la distribución, alrededor del 25% de la producción total para la exportación se rechaza. La principal razón es que los bananos no cumplen con los requisitos de calidad premium clase “A” (variedad, número y tamaño de dedos por mano, color, apariencia, calibre, empaque y condiciones fitosanitarias) (31), siendo destinados para el consumo humano local, alimentación animal, materia prima para la industria o residuos utilizados como fertilizante. Los bananos maduros se utilizan para producir, entre otros, almíbar, rodajas deshidratadas, hojuelas congeladas, bebidas (tanto alcohólicas como no alcohólicas fermentadas), jugos, néctares, vinagre, polvo de banano, jaleas, mermeladas, compotas, snacks (32).

En ese sentido, Ulloa *et al* (33) afirman que el aumento de la densidad de siembra en el cultivo de plátano, entre 2150 y 2500 plantas/ha, en un solo ciclo de cultivo, mejora el rendimiento del cultivo. Además, otras restricciones de rendimiento en la densidad del banano, como el pesaje manual o un ciclo de cosecha más largo, pueden compensarse con el aumento de los rendimientos anuales (de 62,4 % a 87,3 %, respectivamente). Similar criterio comparte Barrera *et al* (34) quienes además señala que, al aumentar la densidad de siembra, se obtiene una altura de planta significativa y una mayor productividad.

El uso de altas densidades de siembra implica un aumento de la cantidad de plantas por unidad de área. Rosales *et al.* (35), consideran como alta una densidad mayor de 2500 plantas/ha. Esta tecnología está relacionada con los objetivos de conseguir la máxima producción por unidad de superficie y aprovechar condiciones favorables de mercados y precios. Esto se logra combinando adecuadamente: clones, material de siembra, agua para el riego con regularidad, un programa de fertilización y un efectivo manejo de la enfermedad Sigatoka negra. El clon es el primer factor para tomar en cuenta debido a que la altura de las plantas se incrementa por la competencia por la luz solar, se recomienda densidades entre 2500-3300 plantas/ha para los clones de porte alto.

Los sistemas de plantación de alta densidad tratan la plantación como un cultivo anual, es decir, de un solo ciclo productivo, ya que la plantación se elimina una vez recolectadas todas las uvas y se inicia una nueva plantación. Delgado *et al.* (36), señalaron que no es económico mantener la plantación por más de un ciclo. Sin embargo, estos autores señalan que esta nueva tecnología es la más difícil de implementar para los productores porque representa un estilo de manejo diferente al manejo tradicional, por lo que no existe una buena razón para la liquidación de plantaciones verticales.

La densidad de plantas tiene una gran influencia en el crecimiento y desarrollo de cada cultivo. Debido a la competencia por la luz solar generada dentro de la comunidad vegetal. El manejo de la población de densidad de plantas es importante para controlar la cantidad de luz solar que recibe el cultivo. Generalmente, los mayores rendimientos por unidad de superficie gracias al uso eficaz de la luz solar en las primeras etapas de crecimiento de las plantas; Sin embargo, a altas densidades, la eficiencia agronómica del cultivo de plátano puede disminuir por la competencia de luz solar, pérdida excesiva de agua por transpiración, insectos y enfermedades. de las plantas (37).

De igual forma, en relación con el manejo de malezas, el control de cultivos puede demostrar una estrategia eficiente con menores costos de implementación. El espacio entre hileras y la densidad de siembra de los cultivos pueden influir en su capacidad para competir con las malezas por los recursos y, por lo tanto, pueden afectar su manejo (38). Las densidades de cultivo aumentan el rendimiento de banano por área equivalente y, en consecuencia, optimiza el uso de la tierra. Estos beneficios también se suman a la capacidad de promover la supresión de malezas comunes en las regiones tropicales (39).

Cabe destacar que, para alcanzar la autosuficiencia en la producción agrícola, además de obtener materiales genéticos nuevos, altamente productivos, se necesita investigar sobre el manejo agronómico, densidad óptima de siembra, niveles de fertilización, entre otros. Esta oportunidad que se presenta en la siembra de altas densidades de plátano permitirá a los productores obtener mayor rentabilidad, incrementando los rendimientos y reduciendo los impactos ambientales. También brindará información oportuna, eficiente y de bajo costo en beneficio del sector platanero productivo ecuatoriano.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el lote “La Pavera” en la EET-Pichilingue, ubicado a 5 km de Quevedo El Empalme, cantón Mocache, Los Ríos, sus coordenadas geográficas latitud sur 1° 4' 37.01318", y longitud oeste 79° 29' 18.82686" a una altitud de 120 metros sobre el nivel del mar. Esta en un área agroecológica de Planicies húmedas del sur de la Costa, que presenta un Tipo de suelo Eutrandedpts Oxic Tropudalfs, con una temperatura promedio de 24.5°C, 84% de Humedad Relativa promedio y con 2100 mm de precipitación anual.

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo experimental, donde se evaluaron diferentes variables para cumplir el objetivo de poder determinar la población adecuada para una óptima producción, en un sistema de círculo de cultivo sembrado de plátano en altas densidades en la EET-Pichilingue.

3.3. Método de investigación

En conclusión, una metodología de investigación adecuada es crucial para llevar a cabo una investigación exhaustiva y organizada. Se utilizó el método deductivo, el cual permitió realizar comparaciones de los resultados obtenidos con investigaciones relacionadas en el cultivo de *Musa AAB*.

3.4. Fuente de recopilación de información

Para el presente trabajo se recopiló información de fuentes primarias a través de la observación directa en el campo y fuentes secundarias tales como: artículos o paperas de revistas científicas, informes, libros y tesis relacionadas al tema en estudio.

3.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de ensayo en bloques completos al azar (DBCA), siete tratamientos y tres repeticiones, donde cada bloque estuvo compuesto por tres figuras, de las cuales solo se evaluó la figura del medio. Se realizó el análisis de varianza (ADEVA) con cada una de las

variables evaluadas y para la significación estadística y comparación de las medias de tratamientos se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey con el 95% de confiabilidad. El esquema del Análisis de varianza se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2.

Esquema del análisis de varianza indicadas para el ensayo, donde se encontró la población adecuada para una óptima producción, en un sistema de círculo de cultivo sembrado con plátano en altas densidades en la EET-Pichilingue. 2023.

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamientos	$(t - 1)$	6
Bloques	$(b - 1)$	2
Error experimental	$(t - 1) * (r - 1)$	12
Total	$(t*r - 1)$	20

Fuente y elaboración: Montiel, 2023

3.5.1. Modelo matemático

Para la presente investigación se aplicó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + E_{ij}.$$

Dónde:

- Y_{ijk} = Total de las observaciones en estudio
- μ = efecto medio
- t_i = Efecto del tratamiento
- β_j = Efecto del bloque
- E_{ij} = Error experimental

3.5.2. Descripción de los tratamientos y distancia de siembra

En la siembra del plátano en círculo, formando figuras de hexágono, heptágono, octágono, nonágono, decágono, endecágono y dodecágono, con 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 plantas/figura respectivamente, con un distanciamiento entre figura desde su centro hacia la siguiente figura de 5.5 m. respectivamente, se detalla en la Tabla 3, y las Distancias de siembra y figuras de los diferentes tratamientos, se detalla en la Tabla 4.

Tabla 3.
Densidad de Plantas/ha

Tratamientos	Descripción	
	Figura	Plantas/ha
T1	Hexágono	2208
T2	Heptágono	2576
T3	Octágono	2944
T4	Nonágono	3312
T5	Decágono	3680
T6	Endecágono	4048
T7	Dodecágono	4416

Fuente y elaboración: Montiel, 2023

Tabla 4.*Distancias de siembra y figuras de los diferentes tratamientos EET-Pichilingue. 2023.*

Parámetro	Hexágono	Heptágono	Octágono	Nonágono	Decágono	Endecágono	Dodecágono
Longitud del perímetro (m)	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56
Distancia entre planta (m)	2.09	1.79	1.57	1.40	1.25	1.14	1.05
Distancia entre figura (m)	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
Número de plantas/figura	6	7	8	9	10	11	12
Figuras/parcela	3	3	3	3	3	3	3
Superficie útil por parcela (m ²)	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56	12.56
Densidad poblacional (plantas/ha)	2208	2576	2944	3312	3680	4048	4416

Fuente y elaboración: Montiel, 2023

3.6. Manejo del experimento

Para el manejo agronómico del ensayo, primero las plántulas de plátano fueron obtenidas del laboratorio de Biotecnología de la EET-Pichilingue, posteriormente se efectuó el siguiente procedimiento:

- Preparación de suelo: El terreno donde se efectuaron las siembras fueron de topografía plana, fértil, con buen drenaje, preparados mecánica (guadaña) y químicamente mediante la aplicación de herbicida de contacto o sistémicos pres y postemergentes antes de sembrar, Se realizó la descompactación del suelo con un pase de rastra.
- Se balizó y estaquilló en círculo con un distanciamiento de siembra variable en su perímetro, y de acuerdo con la forma de la figura se acondicionaron desde 6 hasta 12 plántulas/figura, dejando 5.5 m de separación desde el centro de la figura hasta el centro de la siguiente figura.
- Densidad de Siembra. La densidad de siembra, el arreglo espacial y su mantenimiento inciden directamente en los rendimientos. Existen diferentes arreglos espaciales para la siembra: Cuadrado, Hexagonal o Triangulo y doble surco, en este caso se trabajó con círculo de cultivo, formando varias figuras y en altas densidades.
- Siembra: Las plántulas de plátano fueron repartidas y colocadas en las estaquillas, donde se hizo un hoyo de 0.3 m de ancho por 0.3 m de profundidad, se puso entre 50 g a 80 g de un fertilizante completo (10-30-10), posteriormente se puso un poco de tierra para luego sembrar las plántulas, no sin antes dejar apisonado el suelo alrededor de la plántula para evitar que se formen bolsas de aire.
- Fertilización: El lote experimental recibió una fertilización química, basado en el análisis de suelo y requerimiento del cultivo, según recomendación dada por el Departamento de Suelos y Aguas de la EET-Pichilingue.
- Control de insectos plagas: Se realizó de acuerdo con un Manejo Integrado de Plagas (MIP), para el caso de picudo negro se puso trampas para controlar su ataque, y en

el caso de nematodos se indujo un mayor desarrollo de raíces, así como la aplicación de productos orgánicos para su control.

- Control post-emergente de malezas: Se efectuó químicamente con productos de acción de contacto como también mecánicamente ya sea con guadaña o machete.
- Deshoje: Se ejecutó el deshoje quincenalmente para evitar la diseminación de la Sigatoka negra, así como también para eliminar las hojas secas, dobladas, enfermas y las que se encuentren en mala posición.
- Deshije: En plantaciones de alta densidad no se debe dejar hijos hasta que esta florezca.
- Deschante: Consistió en eliminar cada dos meses todo el tejido viejo (chante) se acumula en el tronco, pero en plantaciones sanas este método no se aplica porque el árbol es muy fuerte con normalidad bota el chante naturalmente.
- Deschive: Esta labor consistió en remover la flor (chivo), los dedos falsos y la última mano, pues esta no produce frutos que sirvan para la venta, es una práctica que ayuda a uniformizar el desarrollo de las manos presentes en el racimo y aumentar el tamaño de los dedos de las últimas manos. Acortar el tiempo desde la floración a cosecha.
- Encinte: Su tuvo un calendario de enfunde ubicando colores de cintas por cada semana; esto permite llevar el control de la edad de cada racimo embolsado. La secuencia utilizada es azul, gris, verde, amarillo, morado, blanco, naranja, negro y rojo. Cada color representa una semana. Esto significa que el ramo se cosechará nueve semanas después de la grabación.
- Enfunde: El envoltorio es una práctica obligatoria para todos los productores exportadores de banano, y sirve para proteger, Protege la fruta del daño de los insectos, no solo protege la fruta de la luz solar, sino que también evita que las plantas enfermas la contaminen. y acelera el tiempo de cosecha.

- **Apuntalamiento:** Generalmente en altas densidades no se necesita apuntalar; sin embargo, de necesitar hacerlo Hay dos métodos para apuntalar las plantas; el primero usa piola y el segundo usa cujes de caña de guadua. Usando un poste, ate la planta resultante a la base de la planta en la dirección opuesta al haz. Después de la recolección, se recoge y recolecta la piola. Llévalo a un lugar que recicle plástico. Cuando utilices cujes, colócalos directamente sobre el tallo en la dirección opuesta a donde descende el tallo. Apoyar de esta forma evita dañar los tallos, que es por donde pueden entrar plagas y enfermedades que dañan la planta.
- **Cosecha:** Los racimos quedan listos para la cosecha entre 9 y 12 semanas después del encinte. Los colores de las cintas son el mejor indicador para saber cuáles racimos están listos para la cosecha. El tiempo que toma el racimo para estar listo depende principalmente de la temperatura ambiental, es decir que durante la época lluviosa los racimos engrosan más rápidamente. La recolección se realiza con un machete afilado, realizando incisiones horizontales en el tronco de la planta de plátano a una altura de 2 metros. Después de doblar el vástago, el paquete se retiene para evitar impactos, luego el paquete se corta y se transporta a la prensa, evitando un mal manejo.
- **Desmane:** Se recomienda el uso de cuchillos específicos llamados “curvos” para separar los dedos. El corte de cada dedo debe ser individual para que el curvo no toque a los dedos cercanos.
- **Empaque-Calibración:** La fruta apta para la exportación tiene que estar limpia, sin ningún tipo de manchas, debe estar llena y sólida, los frutos vacíos (guaba) son rechazados. Se prefieren los plátanos de color verde oscuro. El calibre ideal de un fruto de exportación es de 23 cm de largo (9 pulgadas) y 4.5 cm de ancho.

3.7. Variables estudiar

3.7.1. Variables fenológicas

3.7.1.1. Altura (m) y diámetro (cm) del pseudotallo.

Se registró al momento de la floración y fue tomado una altura de nivel del suelo hasta la emisión de la bellota en (m), y el diámetro se lo toma sobre el suelo a una altura (0,50 cm) en el momento de la floración utilizando una cinta métrica.

3.7.1.2. Número de hojas.

En el momento de la floración se contabilizo el número de hoja plantas/tratamiento, y después de las tres semanas se volvió a contabilizar el número de hoja plantas/tratamiento a, la cosecha.

3.7.2. Variables productivas

3.7.2.1. Calibre (mm) y longitud (cm) del fruto.

Se midió el fruto o dedo central de la segunda mano del racimo, para realizar la toma de datos se utilizó la herramienta adecuada, tomando el calibre (mm), por planta/tratamiento, y con una cinta métrica se tomó la longitud (cm) por planta/tratamiento.

3.7.2.2. Número de manos y dedos.

Al momento de realizar la cosecha se contabilizo el número de manos por racimos y el número de frutos en cada racimo evaluado, obteniendo un numero de mano y dedo, aceptable a la, producción del plátano.

3.7.2.3. *Peso del racimo (kg).*

Con ayuda de las herramientas necesarias, se efectuó el peso del racimo al momento de realizar la cosecha por semana, se lo transporta, a la empacadora, para ser colocada sobre una báscula para tomar su peso en kg.

3.7.2.4. *Número de semanas a la cosecha.*

Se obtuvo un registro que permitió identificar el número de semanas desde la siembra a la floración que se llevó a cabo en cada etapa de la cosecha, con la verificación semanal se cumplió el registro satisfactoriamente de cada uno de los tratamientos evaluados

3.7.3. *Análisis de costo*

Los datos del experimento de campo fueron sometidos a un análisis de costo con el propósito de determinar la rentabilidad de los tratamientos con mayor retorno económico. Para la ejecución del análisis económico se tomará como guía la metodología del análisis del presupuesto parcial, para lo cual se establecerá los rendimientos medios, los costos que varían dentro de cada tratamiento, considerando el costo de los productos utilizados en cada tratamiento, su aplicación y el beneficio neto (38,39).

3.8. *Tratamientos de los datos*

Los datos registrados durante el procesamiento de cada variable propuesta fueron recopilados en una hoja de cálculo Excel para su posterior traslado a InfoStat v.2020 (45) y análisis estadístico.

3.9. *Recursos humanos y materiales*

3.9.1. *Recursos humanos*

- Fabián Enrique Montiel Bravo
- Dr. Gregorio Humberto Vásconez Montúfar
- Dolores del Carmen Bravo Zambrano
- Mayra Nicole Coello Bazurto

3.9.2. *Materiales y equipo de campo*

Tabla 5.
Materiales y equipos utilizados en campo.

Material, Equipo/Campo	Unidad	Cantidad
Plantas barraganete (AAB)	Planta	
Bombas de mochila	U	1
Bomba de agua	U	1
Escalera	U	1
Calibrador	U	1
Cinta de medir dedos	U	1
Fundas	U	200
Balanza	U	1
Calibrador	U	1
Potenciómetro	U	1
Barretón	U	1
Vaso dosificador	U	2
Vaso dosificador	U	1
Vaso dosificador	U	1

Fuente y elaboración: Montiel, 2023

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

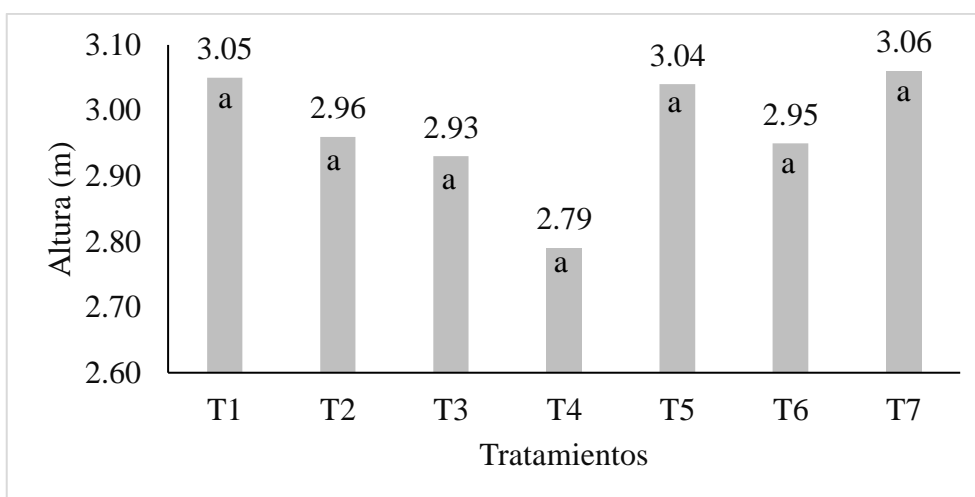
4.1. Análisis e interpretación de resultados de variables fenológicas

4.1.1. Altura de la planta

El análisis de varianza en la altura de la planta (m) no reveló diferencias estadísticamente relevantes ($p > 0.05$) (Anexo 1). Esto sugiere que las densidades de siembra no ejercieron influencia en dicha variable, indicando una falta de efecto significativo. En la Figura 1 se observa que la mayor altura al momento de la floración del plátano se obtuvo en el tratamiento T7, con un valor de 3.06 m, mientras que el más bajo corresponde al T4, con 2.79 m de altura.

Figura 1.

Valores promedios de altura de la planta (m) con diferentes densidades de siembra



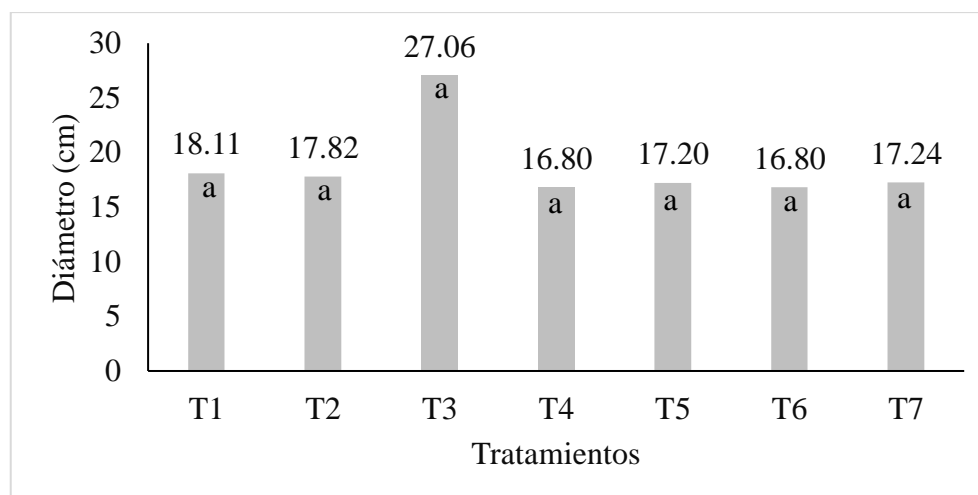
Estos resultados coinciden a los reportados por Muñoz (42) quien no observó diferencias significativas en altura de planta aplicando cuatro densidades de siembra, donde la altura mayor (3.10m) se dio utilizando una densidad de 3200 plantas/ha; sin embargo, pudieron observar que a mayores densidades de siembra se aprecian diferente cantidad, con plantas de mayor altura, lo cual se ha indicado se debe a un efecto de competencia por luz. Cedeño *et al* (43), con una densidad de 3000 plantas/ha registró una altura de 3.58 m, señalando que, en condiciones de alta densidad, donde hay un mayor número de plantas por unidad de área, la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes puede limitar el crecimiento vertical de las plantas. Esto podría resultar en plantas más bajas, ya que están compitiendo por los recursos disponibles.

4.1.2. Diámetro del pseudotallo de la planta

El análisis de varianza aplicado a la variable diámetro del pseudotallo (cm) no mostró diferencias estadísticas significativas (p valor >0.05) a nivel de tratamiento, lo cual indica que esta variable no se vio influenciada por ninguna de las densidades de siembra aplicadas; sin embargo, existieron diferencias estadísticas significativas (p valor ≤ 0.05) en los bloques. En la Figura 2 se observa que el mayor diámetro (cm) al momento de la floración, se obtuvo en el tratamiento T3, con un diámetro de 27.06 cm. El valor más bajo se reportó en el T4, con valor de 16.80 cm.

Figura 2.

Valores promedios de diámetro del pseudotallo (cm) con diferentes densidades de siembra



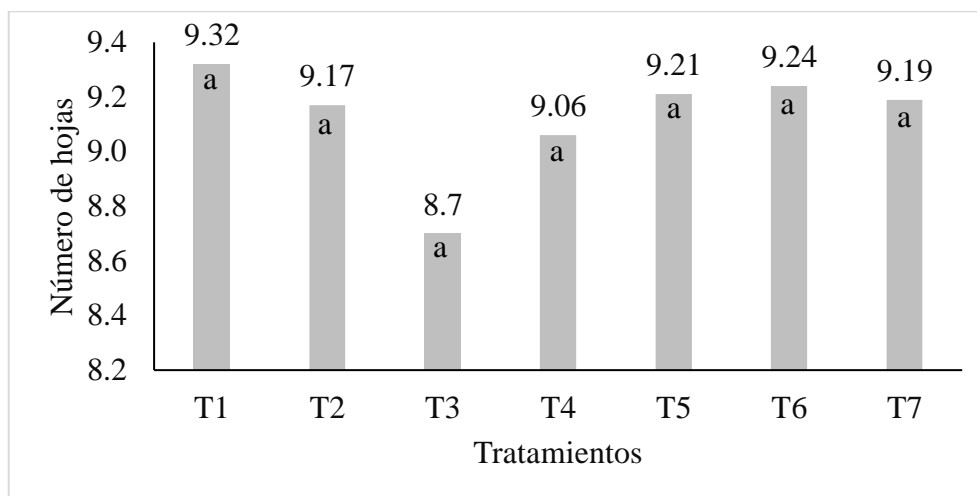
Estos resultados se comparan a los reportados por Cayón *et al* (37) quienes reportaron que, a mayores densidades de siembra se aprecian diferente cantidad, con tallos de menor grosor, obteniendo valores entre 50 a 60 cm con una densidad de 3000 plantas/ha, similar a Marín y Sabando (44), quienes con la misma densidad obtuvieron tallos de 64cm de diámetro; además, se menciona que, al igual que la altura, el diámetro del tallo está influenciada por las densidades; en densidades altas, el desarrollo de las plantas es menor que en densidades más bajas. Similar criterio comparte Belalcázar (45), quienes sostienen que esta variación se origina por la competencia por recursos como el agua, luz, espacio, nutrientes, entre otros; lo cual crece a medida que aumenta el número de plantas. A medida que la densidad poblacional aumenta, esta tiene un impacto en el desarrollo del cultivo, siendo la radiación uno de los factores más restrictivos.

4.1.3. Número de hojas

El análisis de varianza aplicado a la variable número de hojas no mostró diferencias estadísticas significativas (p valor >0.05), lo cual indica que esta variable no se vio influenciada por ninguna de las densidades de siembra aplicadas. En la Figura 3 se observa que el tratamiento T1, presentó el mayor número de hojas, 9, al momento de la floración. El valor más bajo se reportó en el T3, con 8 hojas.

Figura 3.

Valores promedios del número de hojas con diferentes densidades de siembra



Estos resultados se asemejan a los de Smith *et al* (46), quienes también evidencian que, a menor densidad, mayores números de hojas a la floración, al obtener 14 hojas en una densidad poblacional de 1666 plantas/ ha. Yépez (10) registró 10.67 hojas con una densidad de 2500 plantas/ha, mientras que Marín y Sabando (44), obtuvieron 13.07 hojas con la misma densidad, difiriendo con los resultados obtenidos en la presente investigación. Los resultados evidencian que, al igual que las variables mencionadas anteriormente, en densidades altas, la competencia por recursos podría limitar el crecimiento foliar, resultando en menos hojas durante la floración. En densidades bajas, las plantas pueden tener más recursos individuales, favoreciendo un mayor número de hojas en ese momento; sin embargo, esto puede variar según genética, manejo y condiciones locales; sin embargo, otro factor que incide en la cantidad de hojas puede ser la presencia de Sigatoka negra, lo cual provoca la defoliación prematura de las hojas, reduciendo su número y superficie fotosintética, lo que afecta la salud y el rendimiento de las plantas, según lo expuesto por Gómez *et al* (47) y Cayón *et al* (37).

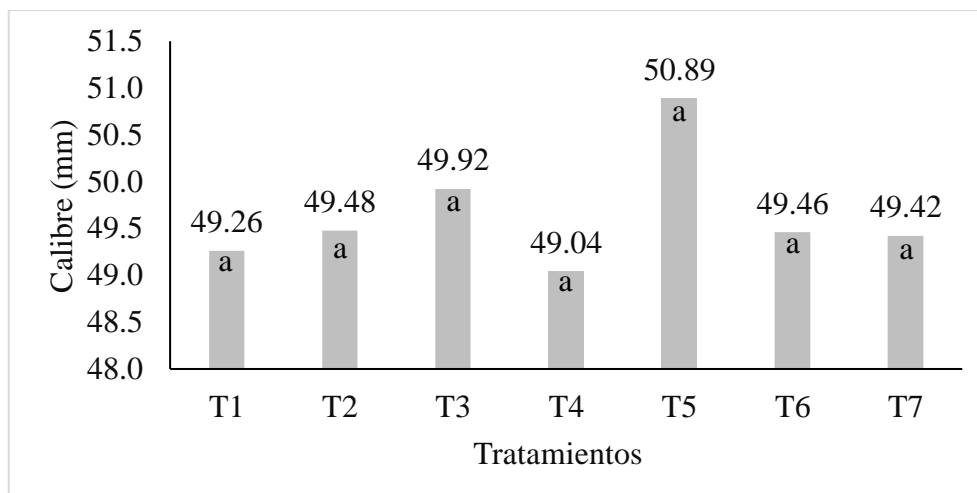
4.2. Análisis e interpretación de resultados de variables productivas

4.2.1. Calibre del fruto

El análisis de varianza aplicado a la variable calibre del fruto (mm) no mostró diferencias estadísticas significativas (p valor >0.05) a nivel de tratamiento, lo cual indica que esta variable no se vio influenciada por ninguna de las densidades de siembra aplicadas. En la Figura 4 se observa que el mayor calibre del fruto se obtuvo en el tratamiento T5, con un calibre de 50.89 mm. El valor más bajo se reportó en el T4, con un calibre de 49.04 mm.

Figura 4.

Valores promedios del calibre del fruto con diferentes densidades de siembra



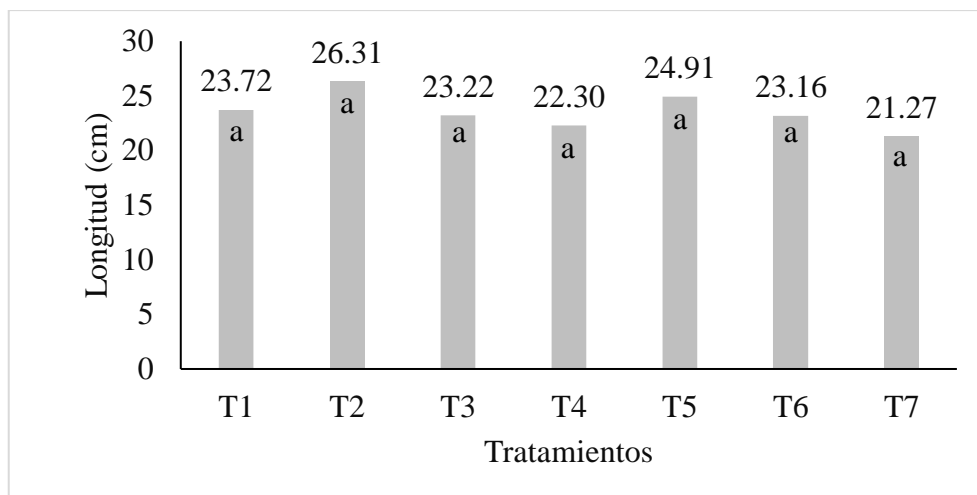
Resultados similares obtuvieron Arzube *et al* (48) quienes alcanzaron una media de calibre de 40.29 a 40.8 mm, con distancias de siembra de 382 y 633 plantas/m². No existen variaciones significativas en el calibre, como mencionan Chávez (49) y Vegas (50), quienes indican que es indiferente la densidad de siembra que se utilice debido a que generalmente la fruta es cosechada en función al calibre por el comprador o mercado destino. Esto destaca la importancia de un calibre adecuado, debido a que afecta el valor comercial, ya que los consumidores prefieren frutos de tamaño uniforme. Además, un buen calibre está relacionado con el rendimiento agrícola, ya que frutos más grandes significan mayor peso y producción por planta.

4.2.2. Longitud del fruto (cm)

El análisis de varianza aplicado a la variable longitud del fruto (cm) al momento de la cosecha, no mostró diferencias estadísticas significativas (p valor >0.05) a nivel de tratamiento, lo cual indica que esta variable no se vio influenciada por ninguna de las densidades de siembra aplicadas; sin embargo, en los bloques existieron diferencias estadísticas significativas (p valor ≤ 0.05). En la Figura 5 se observa que la fruta con mayor longitud se obtuvo en el tratamiento T2, con un fruto de 26.31 cm. El valor más bajo se reportó en el T7, con 21.27 cm en el fruto.

Figura 5.

Valores promedios de la longitud del fruto (cm) con diferentes densidades de siembra



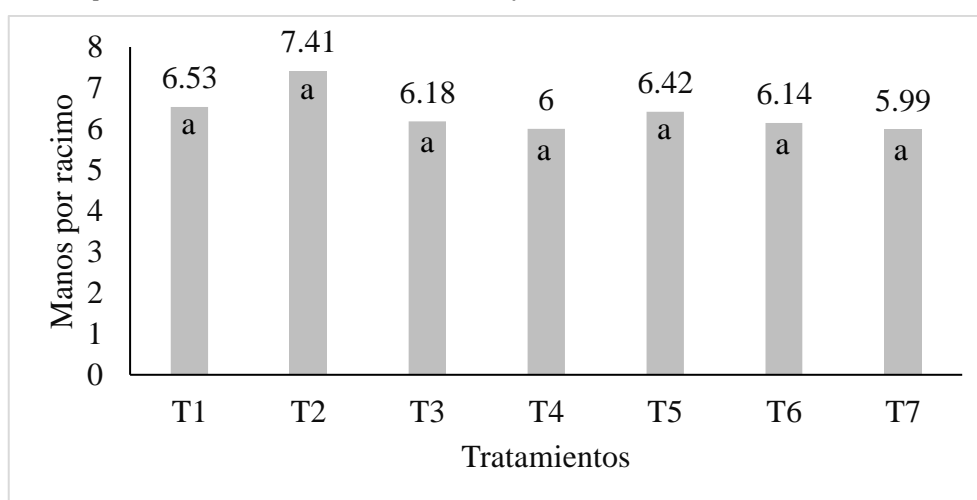
Arzube *et al* (48) alcanzaron frutos con longitud de 20.83 a 21.33 cm con distancias de siembra de 2500 y 1800 plantas/ha, respectivamente. Por su parte, Barrera *et al* (34) registraron frutos de 20.80cm en densidades de siembra de 3000 plantas/ha. Céspedes y Suárez (51) afirman que a medida que aumenta la densidad de siembra, existe una ligera disminución en la longitud del fruto, lo cual influye en la productividad agrícola, determinando el peso y la cantidad de frutas por planta. La longitud también influye en la calidad del sabor y la textura, así como en la satisfacción del consumidor. Puede indicar la salud y el estado de la planta, reflejando su capacidad de crecimiento y nutrición. La variación de la longitud se puede ver influenciada por aspectos como la temperatura y la altitud del lugar del cultivo (37).

4.2.3. Número de manos por racimo

El análisis de varianza aplicado sobre la variable número de manos, no evidenció diferencias estadísticas significativas (p valor >0.05) a nivel de tratamiento, lo cual indica que esta variable no se vio influenciada por ninguna de las densidades de siembra aplicadas en el cultivo. En la Figura 6 se observa que la fruta con mayor número de manos se obtuvo en el tratamiento T2, con un promedio de 7 manos por racimo de banano. El valor más bajo lo registró el T7, con 5.99 manos/racimo.

Figura 6.

Valores promedios del número de manos con diferentes densidades de siembra



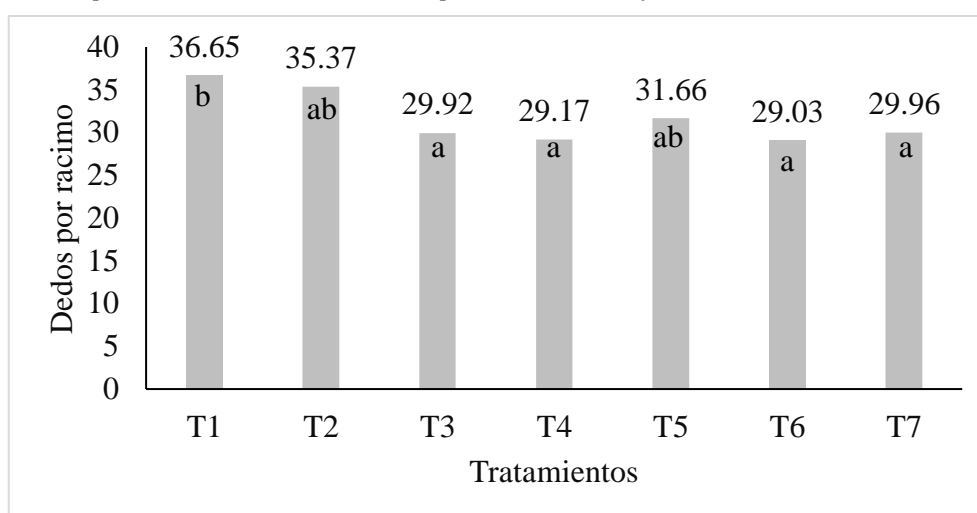
Los resultados son comparables a los de Barrera *et al* (34), quienes establecieron promedios del número de manos de 6.11 a 6.89 en diferentes densidades; sin embargo, resultan inferiores en comparación a lo obtenido por Chávez (49), quien, con densidades de 2000 y 2900 plantas/ha, obtuvo un promedio de manos de 8.9 y 8.8 manos por racimo, con relación a las 7.62 manos por racimo que presentó la densidad de 3200 plantas/ha. Se ha evidenciado que el distanciamiento de siembra sí tiene efectos sobre el número de manos por racimos (52), evidenciando así la importancia de este parámetro que permite prever el ciclo de producción y la cosecha, facilitando la planificación logística y la distribución en el mercado, además de estimar el rendimiento y los ingresos. También es esencial para controlar enfermedades y prácticas de manejo, ya que diferentes manos pueden tener diferentes susceptibilidades.

4.2.4. Número de dedos por racimo

El análisis de varianza aplicado sobre la variable número de dedos por racimos, evidenció diferencias estadísticas significativas (p valor <0.05) a nivel de tratamientos, lo cual indica que esta variable se vio influenciada por ninguna de las densidades de siembra aplicadas en el cultivo. En la Figura 7 se observa que el mayor promedio de dedos por racimo se alcanzó en el tratamiento T1, con 36 dedos, mientras que el valor más bajo lo registró el T6, con 29 dedos promedio.

Figura 7.

Valores promedios del número de dedos por racimos con diferentes densidades de siembra



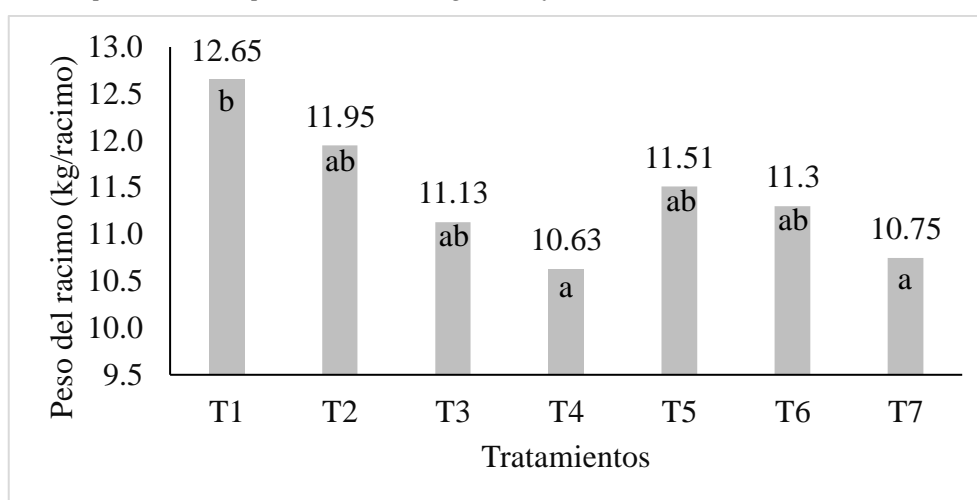
Chávez (49) presentó un mayor promedio en densidades de 2000 plantas/ ha con 48.82 dedos por racimo, mientras que para las densidades de 3200 y 2900 plantas/ha, se alcanzaron promedios de 39.85 y 46.14 dedos por racimo respectivamente. Yépez (10) registró 33.35 dedos por racimo en densidad de 1333 plantas/ha. Esto concuerda con lo descrito por Vargas (53), quien afirma que la elección de una densidad de siembra adecuada puede llevar a que se obtengan racimos de menor peso y tamaño, además de un llenado de dedos deficiente.

4.2.5. *Peso del racimo (kg)*

El análisis de varianza aplicado sobre la variable peso del racimo, evidenció diferencias estadísticas significativas (p valor <0.05) a nivel de tratamientos y de bloques lo cual indica que esta variable se vio influenciada por ninguna de las densidades de siembra aplicadas. Según la Figura 8 se observa que el mayor promedio del peso de racimo se obtuvo en el tratamiento T1, con 12.65 kg, mientras que el valor más bajo se registró en el T4, densidad de 3312 plantas/ha, con racimo de 10.63 kg.

Figura 8.

Valores promedios del peso del racimo (kg) con diferentes densidades de siembra



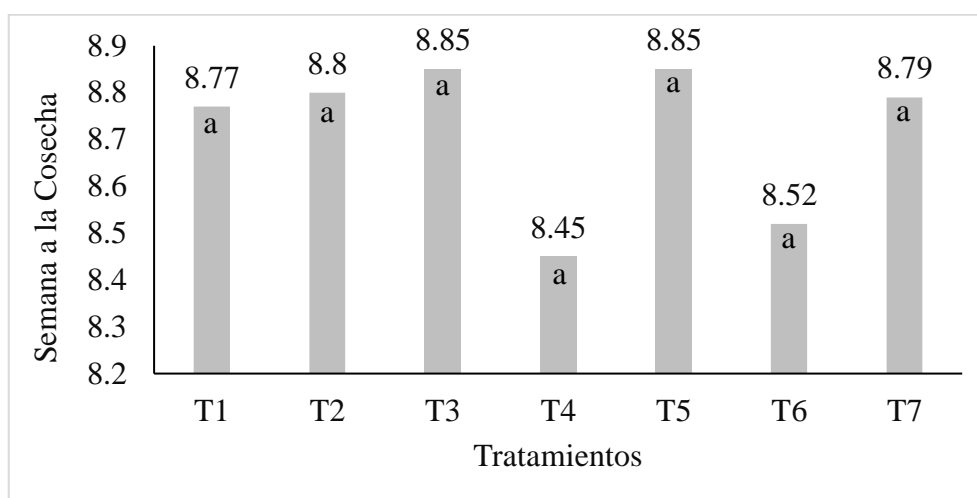
Arzube *et al* (48) reportaron racimos de 28 a 30.41 kg con densidades de 1800 plantas/ha y 2500 plantas/ ha, respectivamente. Por su parte, Yépez (10) registró racimos más grandes y de mayor peso con un promedio de 14.21 kg de peso con densidades poblacionales bajas (1333 plantas/ha). Esto concuerda con lo expresado por Hernández *et al* (21) y Cedeño *et al* (43), Se cree que a mayores densidades de siembra se reduce el tamaño de los racimos, pero se obtienen mayores rendimientos por hectárea; además, factores como el número, longitud y circunferencia del fruto son factores que inciden en el peso del racimo (54). Coincidiendo con lo expuesto por Navarrete (52) quien manifiesta que a mayor distanciamiento existe un mejor rendimiento del fruto. Este parámetro puede servir como indicador de la salud de la planta y su capacidad para producir y transportar nutrientes. En resumen, el peso del fruto es un factor clave en la comercialización, la productividad y la calidad del plátano.

4.2.6. Número de semanas a la cosecha

El análisis de varianza aplicado sobre la variable Número de semanas a la cosecha, no demostró diferencias estadísticas significativas (p valor <0.05) a nivel de tratamientos y de bloques lo cual indica que esta variable se vio influenciada por ninguna de las densidades de siembra aplicadas. Según la Figura 9, el T4 fue el que presentó el menor número de semanas a la cosecha del fruto.

Figura 9.

Valores promedios de semanas a la cosecha con diferentes densidades de siembra



Chávez (49) reportó 11.3 y 11.5 semanas a la cosecha con densidades de siembra de 2000 y 2900 plantas/ha, respectivamente, frente a 10.9 semanas de la densidad de 3200 plantas/ha, es decir, a mayor densidad de siembra, existirá un menor número de semanas. Vegas (50) señala que el plátano puede ser cosechado en un determinado tiempo según la variedad y de los parámetros de cosecha que se establezcan; sin embargo, Cayón *et al* (37) afirman que el plátano se cosecha cuando los frutos llegan a la madurez fisiológica (estadio de máxima acumulación de materia seca), la cual se alcanza de 80 a 120 días después de la brotación de la inflorescencia, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona de producción.

4.2.7. Análisis económico

Se efectuó un análisis económico del rendimiento de los tratamientos tomando en cuenta los costos de producción de cada uno de estos además del ingreso neto. En la tabla 5, se puede observar que el tratamiento que brindó una mejor relación beneficio costo fue el T7 el cual generó un total de \$ 43822.47 dólares americanos a un costo de producción de \$ 16103.73 dólares americanos con una relación b/c que dejan ganancias de 172.13 dólares, por cada dólar invertido.

Tabla 6.*Análisis económico por hectárea y por año de los tratamientos en estudio.*

Tratamientos	Rendimiento (Kg/ha)	Ingreso bruto (\$)	costo fijo	Costo variable (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)	relación B/C	Rentabilidad %
T1 (hexágono)	17189.28	25783.92	9226.00	3438.87	12664.87	13119.05	2.04	103.59
T2 (heptágono)	18944.44	28416.67	9226.00	4012.01	13238.01	15178.65	2.15	114.66
T3 (octágono)	20165.13	30247.70	9226.00	4585.16	13811.16	16436.54	2.19	119.01
T4 (nonágono)	21666.65	32499.97	9226.00	5158.30	14384.30	18115.67	2.26	125.94
T5 (decágono)	26067.01	39100.52	9226.00	5731.44	14957.44	24143.07	2.61	161.41
T6 (endecágono)	28150.56	42225.84	9226.00	6304.59	15530.59	26695.25	2.72	171.89
T7 (dodecágono)	29214.98	43822.47	9226.00	6877.73	16103.73	27718.74	2.72	172.13

Elaborado por: Montiel, 2023

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las variables fenológicas como altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas no mostraron diferencias estadísticas entre las diferentes densidades de plantación utilizadas. Sin embargo, se destaca que el tratamiento T7 tuvo la mayor altura de planta (2.79 m), el tratamiento T3 tuvo el mayor diámetro del tallo (27.06 cm) y el tratamiento T1 presentó el mayor número de hojas (9.32).

Los tratamientos T5 y T2 destacaron en diferentes aspectos del fruto: T5 tuvo el mayor calibre (50.89 mm) y T2 tuvo la fruta más larga (10.36 pulgadas) y el mayor número de manos por racimo (7.41). Además, el tratamiento T1 se destacó por tener el mayor número de dedos por racimo (29.03) y el mejor promedio de peso de racimo (10.63 kg), mientras que el tratamiento T4 necesitó menos semanas para la cosecha del fruto (8.45 semanas). La variable de peso del racimo mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos.

A pesar de haber obtenido un peso menor el tratamiento que registró una mayor rentabilidad fue el T7, esto debido a que se tuvo un mayor número de especies vegetales por hectárea, en el análisis de la relación beneficio costo alcanzó el 172.13% lo que genera una mayor ganancia a comparación de los otros tratamientos.

5.2. Recomendaciones

En consecuencia, de los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda el tratamiento T1 que alcanzó el mayor número de hojas, el mayor número de dedos por racimo y el mejor promedio del peso de racimo, el T1 corresponde a la densidad de plantación de 2208 plantas/ha.

Como alternativa agronómica se recomienda el tratamiento T2 que corresponde a la densidad de plantación de 2576 plantas/ha pues alcanzó la fruta con mayor longitud y el mayor número de manos por racimo.

Continuar investigaciones probando densidades de plantación ajustando los aportes de nutrientes necesarios para las plantas en función de la densidad de plantación.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6. 1. Bibliografía

1. Tumbaco A. Manual del cultivo de plátano de exportación. ; 2015.
2. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos; 2021.
3. Belalcazar C,S. Cultivo de plátano en altas densidades, una nueva opción. Informaciones Agronómicas. 1995;(20): p. 1-4.
4. Cabezas L. Fuente de conocimiento y tecnologías agropecuarias para la competitividad. Quito, Ecuador;; 2002.
5. García C. Manual para la gestión de la transferencia de tecnología en las Estaciones Experimentales Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria; 2017.
6. Sánchez J. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de las plantas. Fertitec S.A. 2011; p. 1-17.
7. Solis-Gonzalez SH. Determinación del efecto de la aplicación de fertilizantes nitrogenados encapsulados sobre el sistema radicular del banano. Tesis. Machala: Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2021.
8. González M, Temiño R. Analisis de los costos de producción agrícola. Valladolid, España;; 2005.
9. Koontz H, Heinz W, Cannice M. Administración una perspectiva global empresarial. Décima Cuarta ed. México D.F.: McGraw-Hill Ed.
10. Yépez-Neira J,C. Efecto de altas densidades y dos sistemas de siembra sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de plátano (Musa AAB) bajo condiciones de regadio. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
11. ONU. Banano. Conferencia de Las Naciones Unidas Sobre El Comercio y Desarrollo UNCTAD. Nations Unies. 2016;; p. 1-23.
12. León J. Botánica de los cultivos tropicales. Tercera ed. San Jose; 2014.

13. Nadal R, Manzo G, Orozco J, Guzmán S. Diversidad genética de bananos y plátanos (musa spp.) determinada mediante marcadores rapd. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2009; 32(1): p. 1-7.
14. Quiñonez M. Evaluación de mezcla física: Fertilizante químico con enmiendas edáficas en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.). Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala; 2020.
15. Buste Párraga C,V. Crecimiento de hijuelos de banano (*Musa* sp.) en respuesta al abonamiento potásico. Tesis de pregrado. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019.
16. Galan V, Rangel A, Lopez J, Bernardo J, Hernandez P. Banana propagation: traditional techniques. New technologies and innovations. *Revista de Fruticultura*. 2018; 5(4): p. 1-22.
17. Avellán B, Mendoza A. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo del cultivo de plátano (*Musa* spp). Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP; 2019.
18. Fernández F, Pico J, Avellán B. Guía para la producción y manejo integrado del cultivo de plátano. Guía Técnica N° 127. Lago Agrio, Ecuador: INIAP-Estación Experimental de la Amazonia; 2021.
19. Pisco J. Evaluación de dos sistemas de siembras y densidades poblacionales en el cultivo de Plátano cv Barraganete (*Musa x paradisiaca* AAB). Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019.
20. Calier J, De Waale D, Escalant J. Evaluacion global de la resistencia de los bananos por *Fusarium*, enfermedades de la mancha foliares causadas por *Mycosphaerella* y nematodos evaluación extensiva. Guía tecnica INIBAP 6 Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (A. Vézina, & C. Picq, Edits.). Montpellier, Francia.; 2002.

21. Hernández J, Maican J, Serrano L. Desarrollo del plátano Musa AAB cv. "Hartón" en 3 densidades de siembra bajo riego. *Revista Producción Agropecuaria*. 2008; 25(4): p. 15-20.
22. Molero M, Gutiérrez L, Contreras Q, Rondón C, Carrero P, Rojas E. Determinación de los niveles de: K, P, N, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, y Mn en muestras de suelos y tejido foliar del cultivo Musa AAB, subgrupo plátano cv. Hartón. *Revista Producción Agropecuaria*. 2008; 1(1): p. 3-6.
23. Cobeña N,V, Espinosa J,A, Avellán L,E, Cedeño J,R, Vaca D,A, Chica D,M, et al. *Nutrición vegetal: exportación y eficiencia del uso de nutrientes en plátano*. Primera ed.: Área de Innovación y Desarrollo, S.L.; 2020.
24. Cedeño-Zambrano J,R, García-Párraga J,V, Solórzano-Cobeña C,M, Jiménez-Flores L,A, Ulloa-Cortazar S,M, López-Mejía F,X, et al. Fertilización con magnesio en plátano 'Barraganete' (Musa AAB) Ecuador. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida*. 2022 Marzo-Agosto; 35(1): p. 8-19.
25. Guerrero M. *Guía técnica del cultivo de plátano*. El Salvador.; 2010.
26. Alcívar-Zambrano M,E. Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora de plátano variedad barraganete y su comercialización en el cantón el Carmen, provincia de manabí (Bachelor's thesis). Loja: Universidad Nacional de Loja; 2014.
27. Pareek S. Nutritional and biochemical composition of banana (Musa spp.) cultivars. In *Nutritional composition of fruit cultivars.*; 2016. p. 49-81.
28. Vázquez V, Perez M. *Riego y fertilización en plátano (Musa SPP) en la costa de Nayarit*. México D. F.; 2004.
29. da Silva F. Irrigation Systems, Fertigation and Mulch: Effects on the Physical, Chemical and Biological Attributes of the Soil with Banana Crop in Northeastern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2020; 51(20): p. 2592-2605.

30. Churchill ACL. *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development and the challenges of control: Molecular; 2011.
31. Stanley R. Commercial feasibility of banana waste utilisation in the processed food industry. Final Report. Sydney, Australia.; 2017.
32. Nik Yusuf N,A, Rosly E,S, Mohamed M, Abu Bakar M,B, Yusoff M, Sulaiman M,A, et al. Waste banana peel and its potentialization in agricultural applications: Morphology overview. *Materials Science Forum*. 2016 Febrero; 840(394-398).
33. Ulloa Cortazar S,M, Wolf E,D, Armendáriz González I. Effect of plant density on growth and yield in Barraganete plantain (*Musa paradisiaca* (L.) AAB cv. Curare enano) for a single harvest cutting in Provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Acta agronómica*. 2017; 66(3): p. 367-372.
34. Barrera J, Cartagena J, Nanclares O. Influence of high planting densities and arrangements on yield and fruit development of *Musa* AAA Simmonds. *Revista Acta Agronómica*. 2020; 69(1): p. 46-53.
35. Rosales F, Alvarez J, Vargas A. Guía práctica para la producción de plátano con altas densidades. ; 2010.
36. Delgado E, Gómez N, González O, Marín C. Evaluación a nivel de finca del efecto de la alta densidad de siembra en plátano (*Musa* AAB Subgrupo plátano Hartón) municipio Obispo, Barinas, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 2008; 25(4): p. 603-606.
37. Cayón S. G, Valencia J, Morales H, Domínguez A. Desarrollo y producción del plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) en diferentes densidades y arreglos de siembra. *Revista Agronomía Colombiana*. 2004; 22(1): p. 18-22.
38. Isaac W, Brathwaite P, Cohenb J, Bekel I. Efectos de estrategias alternativas de manejo de malezas en *Commelina diffusa* Burm. infestaciones en banano Fairtrade (*Musa* spp.) en San Vicente y las Granadinas. *Protección de cultivos*. 2007; 26: p. 1219-1225.

39. Lanza T, Machado A, Martelleto L. Effect of planting densities of “brs princess” banana tree in the suppression of weeds. *Planta daninha*. 2017; 35.
40. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT. Manejo de ensayos e informes de datos de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT: CIMMYT Publications Repository; 1995.
41. Alemán F. Análisis económico de experimentos de campo Managua: Universidad Nacional Agraria (UNA); 2004.
42. Muñoz Ruiz C. Prueba de cuatro densidades y tres arreglos espaciales de siembra en plátano. *Revista Tecnología en Marcha*. 2003; 16(1): p. 40-54.
43. Cedeño G, Guzmán Á, Zambrano H, Vera L, Valdivieso C, López G. Efecto de la densidad de siembra y riego complementario en la morfo-fenología, rendimiento, rentabilidad y eficiencia de la fertilización del plátano. *Revisat Scientia Agropecuaria*. 2020 Octubre-Diciembre; 11(4): p. 483 – 492.
44. Marín R, Sabando A. Influencia de cuatro densidades de siembra sobre el rendimiento de dos variedades de plátano tipo “Horn Plantein”. Tesis de pregrado. Calceta, Ecuador: ESPAM; 2017.
45. Belalcázar S. El cultivo del plátano en altas densidades de siembra, una nueva concepción tecnológica de producción.. Programa de Plátano y Banano, Armenia, Quindío., Instituto Colombiano Agropecuario, ICA; 2012.
46. Smith E, Velásquez M, Zúñiga L, Valerín J. Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y producción de plantas en primera generación de banano dátil (Musa AA). *Agronomía Costarricense*. 2010; 34(1): p. 77-83.
47. Gómez C, SJ, Rumbos R, Trujillo V, Rosales H, Vera J. Evaluación de cuatro densidades de siembra en doble hilera para plátano (Musa AAB cv. Hartón) en la zona sur del lago de Maracaibo, durante el primer ciclo de cosecha. *Rev. Fac. Agron*. 2004; 21(1): p. 262-269.

48. Arzube M, Ramírez L, León A, Quimi C. Effect of planting distance on the productivity of banana (*Musa acuminata*) Santa Elena –Ecuador. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*. 2022; 4(5): p. 227-238.
49. Chávez Mogollón Y. Densidades poblacionales y su efecto sobre parámetros fisiológicos y productivos en el cultivo de platano musa AAB “Curare enano”, en la zona bananera del magdalena. Universidad de Magdalena; 2010.
50. Vegas Rodríguez U. Asistencia técnica dirigida en cosecha y post cosecha de banano orgánico. Informe Técnico. Agrobanco. Banco de Desarrollo Agropecuario; 2012.
51. Céspedes C, Suárez P. Evaluación de sistemas de cultivo de plátano (*Musa AAB*) en alta densidad con un manejo integrado de la Sigatoka Negra. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). 2005.
52. Navarrete B. Evaluación del efecto de dos distancias de siembra sobre la producción del cultivo de Banano Rojo, (*Musa acuminata*, Red dacca) en el cantón Bucay, provincia del Guayas. Tesis de pregrado. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; 2020.
53. Vargas A. Grosor del fruto de la última y segunda mano como criterio de coscha en banano. *Agronomía Mesoamericana*. 2012; 23(1): p. 41-44.
54. Nyine M, Uwimana B, Swennen R, Batte M, Brown A, Christelova P, et al. Trait variation and genetic diversity in a banana genomic selection training population. *PLoS One*. 2017; 12(6).
55. Gómez-Calle MF. Efectos de la suma térmica en el desarrollo de racimos de banano (*Musa acuminata* AAA) en dos zonas productoras distintas. Guayaquil.; 2017.
56. Garcés F, Vera A. Enfermedades y componentes de rendimiento en líneas de fréjol bajo tres densidades de siembra. *Revista Agronomía Mesoamericana*. 2014; 25(1).
57. Rodríguez C, Cayón D,G, Mira J,J. Effect of number of functional leaves at flowering on yield of banana Grand Naine (*Musa AAA* Simmonds). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2012; 65(2): p. 6585-6591.

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. Anexo 1 Tablas de análisis de varianza (ANDEVA).

Tabla 7. Análisis de varianza altura de la planta (m)

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	0.21	6	0.04	1.53	0.2253
Bloque	0.10	3	0.03	1.37	0.2832
Error	0.42	18	0.02		
Total	0.73	27			

Elaborado por: Montiel, 2023

Tabla 8. Análisis de varianza diámetro del tallo (cm)

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	6.0	6	1.0	1.63	0.1961
Bloque	7.56	3	2.52	4.11	0.0220*
Error	11.05	18	0.61		
Total	24.61	27			

(*) = $P < 0,05$

Elaborado por: Montiel, 2023

Tabla 9. Análisis de varianza número de hojas

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	1.0	6	0.17	0.29	0.9338
Bloque	3.03	3	1.01	1.76	0.1914
Error	10.36	18	0.58		
Total	14.39	27			

Elaborado por: Montiel, 2023

Andeva de variables productivas evaluadas

Tabla 10. Análisis de varianza calibre del fruto

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	8.97	6	1.5	0.28	0.9372
Bloque	32.95	3	10.98	2.08	0.1383
Error	94.91	18	5.27		
Total	136.83	27			

Elaborado por: Montiel, 2023

Tabla 11. Análisis de varianza longitud del fruto

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	10.23	6	1.70	2.24	0.0870
Bloque	12.95	3	4.32	5.66	0.0066*
Error	13.72	18	0.76		
Total	36.90	27			

(*) = $P < 0,05$

Elaborado por: Montiel, 2023

Tabla 12. Análisis de varianza número de manos

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	5.89	6	0.98	2.50	0.0613
Bloque	2.53	3	0.84	2.15	0.1300
Error	7.06	18	0.39		
Total	15.48	27			

Elaborado por: Montiel, 2023

Tabla 13. Análisis de varianza número de dedos

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	230.75	6	38.46	5.14	0.0031*
Bloque	31.21	3	10.40	1.39	0.2778
Error	134.63	18	7.48		
Total	396.59	27			

(*) = $P < 0,05$

Elaborado por: Montiel, 2023

Tabla 14. Análisis de varianza peso del racimo

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	11.84	6	1.97	3.12	0.0283*
Bloque	9.72	3	3.24	5.12	0.0098*
Error	11.38	18	0.63		
Total	32.93	27			

Elaborado por: Montiel, 2023

Tabla 15. Análisis de varianza semanas a la cosecha

F.V.	SC	GI	CM	F	P valor
Tratamiento	0.62	6	0.10	0.56	0.7594
Bloque	1.28	3	0.43	2.27	0.1155
Error	3.38	18	0.19		
Total	5.29	27			

Elaborado por: Montiel, 2023

7.2. Anexo 2 Evidencia fotográfica de la investigación.



Fotografía 1. Lote “La Pavera” en la EET-Pichilingue.



Fotografía 2. Número de hojas y floración.



Fotografía 3. Altura de la planta (m).



Fotografía 4. Diámetro (cm) del pseudotallo.



Fotografía 5. Calibre del dedo central.



Fotografía 6. Longitud del dedo central.



Fotografía 7. Peso del racimo (kg)



Fotografía 8. Número de manos y de frutos.