



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

**“Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta*
Crantz) variedad Valenciana”**

AUTORA: Enma Johanna Briones Solórzano

TUTOR: Ing. Marco Vinicio De la Cruz, Mg.

El Carmen, enero del 2025

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, Mg. de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Extensión en El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Titulación bajo la autoría del estudiante **Briones Solórzano Enma Johanna**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2024 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “**Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) variedad Valenciana**”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 13 diciembre del 2024.

Lo certifico,



Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta*
Crantz) variedad Valenciana**

AUTORA: Enma Johanna Briones Solórzano

TUTOR: Marco Vinicio De la Cruz, Mg

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ing. Cobeña Loor Nexar, Mg

Ing. González Ricardo Paúl, Mg

Ing. López Mejía Francel, Ph.D

The image shows three horizontal lines, each with a handwritten signature in blue ink written over it. The signatures are somewhat stylized and overlapping. The first signature is at the top, the second in the middle, and the third at the bottom. The lines are positioned to the right of the printed names.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Briones Solórzano Enma Johanna con cédula de ciudadanía 1315449437, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy la autora de la tesis titulada " **Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) variedad valenciana**", esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total de su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos y resultados que no son de mi autoría, están debidamente citados y referenciados.

Atentamente,

Enma Briones

Briones Solórzano Enma Johanna

DEDICATORIA

“Toda la ciencia no es más que un refinamiento del pensamiento cotidiano”- *Albert Einstein*

A mis queridos padres Moises Briones y Carmen Solorzano,

Por su incansable trabajo, apoyo incondicional y sacrificio, no solo en el ámbito económico, sino también en cada paso de mi camino académico. Gracias por creer en mí, por su amor y por ser mi mayor inspiración. Este logro es tanto mío como de ustedes, y les estoy eternamente agradecida.

Con todo mi cariño y gratitud.

Enma Johanna Briones Solórzano

AGRADECIMIENTO

“La mente es como un paracaídas, solo funciona si la tenemos abierta” -*Albert Einstein*

A mis hermanos,

Con todo mi corazón, quiero expresarles mi más profundo agradecimiento. Su apoyo emocional y financiero durante todos estos años ha sido un pilar fundamental en mi vida. Siempre han estado allí para mí, en los momentos más difíciles y en los más felices, brindándome su amor incondicional y su comprensión. No hay palabras suficientes para expresar lo mucho que significan para mí y lo agradecido que estoy por tenerlos a mi lado.

A mi alma mater, la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, mi más sincero agradecimiento. Esta universidad no solo me proporcionó el conocimiento académico necesario, sino también un espacio para crecer y descubrirme a mí misma. Aquí es donde forjé no solo mi carrera profesional, sino también mi carácter y mis sueños.

A mi querido amigo Anderson Zambrano, "Choco Amix", por brindarme su invaluable apoyo y compañía durante toda la fase de campo de mi tesis. Aunque no somos familia de sangre, siempre estuviste a mi lado como un verdadero hermano.

Finalmente, a mi tutor de tesis, Marco De la Cruz, gracias por su guía, paciencia y dedicación. Su apoyo constante y su compromiso con mi desarrollo académico me impulsaron a dar lo mejor de mí en cada paso de este proyecto.

Enma Johanna Briones Solórzano

ÍNDICE

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXO.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	4
1 MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Antecedentes históricos de la yuca	4
1.2 Taxonomía.....	4
1.3 Características de la yuca	4
1.4 Características botánicas de (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	5
1.4.1 Ecología y agronomía de la yuca.....	6
1.5 Etapas fenológicas de la yuca.....	6
1.5.1 Plantación y emergencia	7
1.5.2 Desarrollo vegetativo	7
1.5.3 Formación y desarrollo de raíces.....	8
1.5.4 Maduración de las Raíces.....	8
1.5.5 Cosecha	9
1.6 Manejo de plagas	9
1.7 Manejo de enfermedades.....	10
1.8 Variedades en Ecuador.....	11
1.8.1 Variedades para el trópico seco	11
1.8.2 Variedades para la zona subtropical	11
1.9 Variedad valencia	12
1.10 Regiones productoras de yuca en Ecuador.....	12
1.11 Manejo agronómico del cultivo de yuca	13
1.11.1 Preparación del Suelo	13
1.11.2 Selección del material vegetativo	13
1.11.3 Siembra	13
1.11.4 Manejo de arvenses.....	14
1.11.5 Podas.....	14
1.11.6 Densidades de siembra.....	15
CAPITULO II.....	17
INVESTIGACIONES EXPERIMENTAL AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	Error! Bookmark not defined.

CAPÍTULO III	19
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Localización de la unidad experimental.....	19
3.2 Caracterización agroecológica de la zona	19
3.3 Metodología.....	19
3.3.1. Método teórico.....	19
3.4 Variables	20
3.3.2. Variables independientes	20
3.3.3. Variables dependientes	Error! Bookmark not defined.
3.5 Tratamientos.....	21
3.6 Características de las Unidades Experimentales	21
3.7 Análisis Estadístico.....	22
3.8 Instrumentos de medición	23
3.8.1 Materiales y equipos de campo	23
3.8.2 Materiales de oficina y muestreo.....	23
Manejo del ensayo.....	23
3.8.3 TOMA DE DATOS	24
CAPÍTULO IV	25
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 Días a la brotación	25
4.2 Diámetro del tallo (cm) a los 60, 120 y 180 días.....	26
4.2.1 Diámetro del tallo a los 60 días	26
4.2.2 Diámetro del tallo a los 120 días	27
4.2.1 Diámetro del tallo a los 180 días	27
4.3 Número de hojas 60,120 y 180 días.....	27
4.3.1 Número de hojas 60 días.....	27
4.3.1 Número de hojas 120 días	28
4.3.1 Número de hojas 180 días	29
4.4 Altura de la planta (m) 60,120 y 180 días.....	29
4.4.1 Altura de la planta (m) 60 días	29
4.4.1 Altura de la planta (m) 120 días	30
4.4.1 Altura de la planta (m) 180 días	30
4.5 Número de tubérculos	31
4.6 Peso del tubérculo.....	32
4.7 Rendimiento	32
CAPITULO V.....	35
5 CONCLUSIONES	35
CAPITULO VI	36
6 RECOMENDACIONES	36

7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	XXXV
8	ANEXOS.....	XL

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la yuca	4
Tabla 2. Descripción botánica de la yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	5
Tabla 3. Duración de cada fase y recomendaciones nutricionales	9
Tabla 4. Superficie, producción y rendimiento del cultivo de yuca en Ecuador, 2020	12
Tabla 5. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de yuca.....	15
Tabla 6. Características agroecológicas de la localidad	19
Tabla 7. Disposiciones de los tratamientos en estudio.....	21
Tabla 8. Características de la unidad experimental	22
Tabla 9. Esquema de ADEVA.....	22
Tabla 10. Costo beneficio.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	5
Figura 2. Etapas fenológicas de la yuca	8
Figura 3. Presencia de algunas plagas en la planta de yuca. (A) Larva del escarabajo de cara plana y cuernos largos dentro del tallo de la planta de yuca, (B) larva de la esfinge de ello en la hoja de yuca, y (C) defoliación causada por hormigas.	10
Figura 4. Ubicación y coordenadas de la zona del experimento	19
Figura 5. Croquis de campo del diseño experimental.....	21
Figura 6. Días a la brotación de los diferentes distanciamientos de yuca.....	25
Figura 7. Diámetro del tallo (cm) a los 60, 120 y 180 días	26
Figura 8. Número de hojas (NH) a los 60, 120 y 180 días.....	28
Figura 9. Altura de la planta (m) a los 60, 120 y 180 días después de la siembra	29
Figura 10. Número de Tubérculo según el distanciamiento de siembra.....	31
Figura 11. Peso de los tubérculos del cultivo de yuca variedad valencia	32
Figura 12. Rendimiento (kg ha ⁻¹) de los tubérculos del cultivo de yuca variedad valencia ...	33

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. ADEVA de la variable días a la brotación en la evaluación de la Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) variedad Valenciana	XL
Anexo 2. Días a la brotación de los diferentes distanciamientos de yuca	XL
Anexo 3. ADEVA de la variable Número de hojas en la evaluación de la Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) variedad Valenciana.....	XL
Anexo 4. ADEVA de la varia altura de la planta en la evaluación de la Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) variedad Valenciana.....	XL
Anexo 5. ADEVA de la variable diámetro del tallo <i>en la evaluación de la Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (Manihot esculenta Crantz) variedad Valenciana</i>	XL
Anexo 6. Preparación del terreno	XLI
Anexo 7. Días a la brotación	XLI
Anexo 8. Altura de la planta a los 30 días	XLI
Anexo 9. Altura de la planta a los 60 y 120 días	XLI
Anexo 10. Medida del dímetro del tallo (mm).....	XLII
Anexo 11. Cosecha de cada uno de los tratamientos.....	XLII
Anexo 12. Peso de cada uno de los tratamientos.....	XLIII
Anexo 13. Análisis de suelo	XLIV

RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra en el rendimiento y comportamiento agronómico de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana. Se estableció un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron: T1 (12,500 plantas/ha; 1,0 m x 0,8 m), T2 (7,143 plantas/ha; 1,0 m x 1,4 m), T3 (8,333 plantas/ha; 1,0 m x 1,2 m) y T4 como testigo (10,000 plantas/ha; 1,0 m x 1,0 m). El experimento incluyó 20 unidades experimentales de 25 m² cada una. El tratamiento T1 alcanzó el mayor rendimiento con 48,272 kg/ha, seguido por T2 con 38,428 kg/ha. En cuanto al comportamiento agronómico, T4 mostró las mejores características morfológicas, incluyendo mayor diámetro de tallo (5,21 cm), número de hojas (457,65), altura de planta (3,42 m) y promedio de frutos (8,95). La menor distancia entre plantas (mayor densidad) favoreció el rendimiento total por unidad de superficie, siendo el tratamiento T1 48271,88 kg. ha⁻¹ el más eficiente para la producción comercial y El análisis de costo-beneficio de los diferentes tratamientos en el cultivo de yuca muestra que el tratamiento T1 (1,0 m x 0,8 m) obtuvo la mayor relación beneficio/costo, con un valor de 1,44. Sin embargo, las plantas con mayor espacio entre sí (T4) desarrollaron mejores características morfológicas, sugiriendo que existe un compromiso entre la densidad de siembra y el desarrollo individual de las plantas.

Palabras claves: densidad, rendimiento, siembra, cassava

ABSTRACT

To evaluate the effect of different planting densities on yield and agronomic performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Valenciana variety, a Randomized Complete Block Design (RCBD) was established with four treatments and five replications. The treatments consisted of: T1 (12,500 plants ha⁻¹; 1.0 m × 0.8 m), T2 (7,143 plants ha⁻¹; 1.0 m × 1.4 m), T3 (8,333 plants ha⁻¹; 1.0 m × 1.2 m), and T4 as control (10,000 plants ha⁻¹; 1.0 m × 1.0 m). The experiment comprised 20 experimental units of 25 m² each. Treatment T1 achieved the highest yield with 48,272 kg ha⁻¹, followed by T2 with 38,428 kg ha⁻¹. Regarding agronomic performance, T4 exhibited superior morphological characteristics, including greater stem diameter (5.21 cm), leaf number (457.65), plant height (3.42 m), and average fruit number (8.95). The reduced plant spacing (higher density) enhanced total yield per unit area, with treatment T1 (48,271.88 kg ha⁻¹) being the most efficient for commercial production. Cost-benefit analysis revealed that treatment T1 (1.0 m × 0.8 m) obtained the highest benefit-cost ratio of 1.44. However, plants with greater spacing (T4) developed superior morphological characteristics, suggesting a trade-off between planting density and individual plant development.

Keywords: Density, yield, planting, cassava

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la yuca es esencial para la seguridad alimentaria global, no solo por ser un alimento básico, sino también por su papel como fuente importante de ingresos para las familias en zonas rurales (Aguilar et al., 2017a). Este cultivo ocupa el cuarto lugar entre los productos alimenticios básicos más relevantes, después del arroz, el trigo y el maíz, y es un componente vital en la dieta de más de mil millones de personas (Aristizábal et al., 2007). Su versatilidad es notable, ya que tanto las raíces como las hojas de la yuca se consumen de múltiples formas, tanto por humanos como por animales (Aguilar et al., 2017a).

La fertilización desempeña un papel clave en la recuperación, mantenimiento y mejora de la productividad del suelo, así como en el aumento del rendimiento y calidad del cultivo de yuca (Jácome y Carrillo, 2020). Esta puede ser de naturaleza química u orgánica, y su implementación requiere un diagnóstico detallado del suelo para determinar los niveles críticos de nutrientes y la respuesta específica del cultivo a los fertilizantes aplicados (Ceballos, 2002).

La yuca, debido a su rusticidad, demuestra una notable capacidad para tolerar diversos estresores bióticos y abióticos (Suárez y Mederos, 2011). Entre sus características más destacadas se encuentran su elevado potencial para la producción de almidón, la flexibilidad en los tiempos de plantación y cosecha, y su adaptación a distintas condiciones de crecimiento (Pérez et al., 2019). No obstante, para un cultivo exitoso de yuca en áreas como la provincia de Manabí, es fundamental realizar una preparación adecuada del suelo, considerando factores como el clima local, el tipo de suelo, la vegetación circundante y la topografía del terreno (Barrera et al., 2010). Una correcta preparación del suelo asegura un entorno propicio para la semilla y favorece tanto el crecimiento horizontal como vertical de las raíces (Aristizábal et al., 2007).

La implementación de sistemas de labranza, que consisten en diversas manipulaciones mecánicas del suelo, puede mejorar significativamente el desarrollo del cultivo al optimizar la aireación y el movimiento del agua en el (Jácome-Gómez et al., 2021). Estos procesos provocan cambios en la estructura y calidad del suelo, tanto a corto como a mediano plazo (Pérez-Darniz et al., 2017). Sin embargo, Scott (2002), sugieren que la labranza cero tiende a generar menores rendimientos en brotes y raíces de yuca, lo cual subraya la importancia de seleccionar un sistema de labranza adecuado.

Los rendimientos de la yuca pueden variar considerablemente entre diferentes regiones y dependen de factores como la densidad de siembra y el tipo de labranza utilizado. Suárez y Mederos (2011) mencionan que estos rendimientos están influenciados por el hábito de

crecimiento del clon y la fertilidad del suelo.

Al determinar la distancia de plantación, no solo se busca maximizar los rendimientos por hectárea, sino también cubrir el suelo adecuadamente, lo que facilita el cierre del campo por las plantas y reduce el crecimiento de malas hierbas (Silva et al., 2013). Esto no solo representa un ahorro en labores de mantenimiento y costos para el agricultor, sino que también mejora la eficiencia en el uso de nutrientes y la humedad del suelo frente a la competencia de las malezas (Rojas et al., 2007).

En Ecuador, y específicamente en zonas como El Carmen, la información sobre prácticas agronómicas optimizadas para el cultivo de yuca es limitada. Por ello, resulta esencial investigar y evaluar el efecto de la densidad de siembra y los sistemas de labranza en el rendimiento del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), para así mejorar la productividad y sostenibilidad de la agricultura local, con especial atención a las condiciones propias de la región de Manabí.

i) Problema científico

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo de gran importancia económica y alimentaria en muchas regiones del mundo, no obstante, su producción y calidad pueden verse comprometidas por un manejo inadecuado de la densidad de siembra y la incorrecta aplicación de prácticas agrícolas, como la elección de épocas de siembra no óptimas y la realización de labores culturales ineficaces, como una correcta densidad de siembra (Báez et al., 1998). Estos factores pueden influir negativamente en el rendimiento y la calidad del cultivo de yuca.

En particular, para la variedad Valenciana, la densidad de siembra es un elemento clave que determina el éxito del cultivo (Vargas-Aguilar, 2010). Un manejo adecuado de esta variable es fundamental para maximizar la productividad y asegurar la rentabilidad del cultivo (Navarro et al., 2005). Si la densidad de siembra no se ajusta correctamente, es probable que disminuya la calidad de los tubérculos, afectando aspectos cruciales como el contenido de materia seca y la resistencia a enfermedades (Blanco-Navarro et al., 2005).

Establecer una densidad de siembra adecuada es, por lo tanto, un factor determinante para alcanzar altos rendimientos y una rentabilidad favorable en la producción de yuca. Al optimizar esta práctica, los agricultores pueden mejorar la eficiencia en el uso de recursos, incrementar la calidad del producto final y satisfacer las demandas del mercado, lo que se traduce en mayores ingresos y una mejor competitividad en el sector agrícola.

ii) Objetivo general

- Evaluar el efecto de las densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana.

iii) Objetivos específicos

- Determinar la densidad de siembra óptima en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana.
- Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana a diferentes densidades de siembra.
- Realizar el análisis beneficio/costo de los tratamientos.

iv) Hipótesis

Ha: Las densidades de siembra influyen en la producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes históricos de la yuca

Se cree que la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) tiene dos posibles áreas de origen, ambas en América: la primera en la región norte de América del Sur y la segunda entre México y América Central (Aristizábal et al., 2007). La historia de su cultivo se remonta a aproximadamente 2,700 años a.C. en Venezuela, y también se sugiere que su uso se originó hace unos 1,200 años a.C. en los hornos de casabe en Colombia (Ospina, 2002).

Existen diferentes teorías sobre su origen del cultivo y consumo de la yuca dulce probablemente ocurrieron en América tropical antes del primer milenio a.C., siendo incluso el primer cultivo, anterior al maíz, en algunas áreas del norte de América del Sur (Ceballos y De La Cruz, 2002). Por otro lado, Aristizábal et al. (2007), sostiene que la variedad dulce de la yuca surgió en una región donde predominaba el maíz, mientras que la variedad amarga jugó un papel importante en los sistemas agrarios tradicionales.

1.2 Taxonomía

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) pertenece a la clase *Magnoliopsida*, que incluye a las plantas dicotiledóneas. Su subclase es *Archichlamydae*, caracterizada por un perianto poco evolucionado (Martínez-Hernández y Brito-Castillo, 2019).

Tabla 1. Taxonomía de la yuca

Categoría	Descripción
Subclase	<i>Archichlamydae</i> (perianto poco evolucionado)
Orden	<i>Euphorbiales</i>
Familia	<i>Euphorbiaceae</i>
Tribu	<i>Manihoteae</i>
Género	<i>Manihot</i>
Especie	<i>Manihot esculenta</i> Crantz

Fuente. Tomado de Blanco-Navarro et al. (2005).

1.3 Características de la yuca

La yuca es un arbusto que alcanza entre 2 y 3 metros de altura, con un tallo arborescente, nudoso y hueco, de color verde, y con inflorescencias paniculadas, sus hojas son anchas, palmeadas y constan de entre 3 y 7 lóbulos, la parte comestible de la planta, sus raíces, se extiende desde el tallo hasta el interior del suelo y puede pesar entre 3 y 7 kg por planta (Blanco-

Navarro et al., 2005).



Figura 1. *Planta de yuca (Manihot esculenta Crantz)*

Fuente. Tomada de Aristizábal et al. (2007)

La piel de las raíces está formada por una capa suberosa de color que varía entre café oscuro, crema, blanco o rosado, debajo de esta capa se encuentra el corcho y la corteza, que incluye el filodermo y el floema, y presenta tonalidades que van del crema al rosado intenso (García, 2023).

Se conoce que bajo la corteza se almacenan almidones, una parte esencial de la raíz utilizada en el consumo humano, animal e industrial (Báez et al., 1998). Aproximadamente el 15% de la raíz está compuesto por la piel, con un espesor de 1,5 mm, mientras que el 85% restante es aprovechado para consumo (Suárez y Mederos, 2011).

1.4 Características botánicas de (*Manihot esculenta Crantz*)

Tabla 2. *Descripción botánica de la yuca (Manihot esculenta Crantz)*

Característica	Descripción
Planta	La yuca es un arbusto perenne de tamaño variable, que puede alcanzar los 3 metros de altura.
Tallos	Los tallos son el medio de multiplicación asexual, con diámetro de 2 a 6 cm, grosor y color variables.
Hojas	Las hojas son simples, con lámina foliar palmeada y lobulada.
Inflorescencia	La yuca es una planta monoica, polinizada por insectos, las flores femeninas abren antes que las masculinas.
Fruto y semilla	El fruto es una cápsula trilobular con 6 alas; la semilla es elipsoidal, con testa dura y brillante.
Sistema radicular	La raíz es cilíndrica y oblonga, con cáscara dura y leñosa, pulpa comestible de color blanco o amarillo.

Fuente. Tomado de Barrera et al. (2010).

Esta planta es monoica, es decir, presenta flores masculinas y femeninas en la misma planta, polinizadas principalmente por insectos (Aristizábal et al., 2007). El fruto es una cápsula trilobular con 6 alas y las semillas son elipsoidales, con una testa dura y brillante, las raíces de la yuca, que son la parte comestible, son cilíndricas y alargadas, alcanzando hasta un metro de longitud y 10 cm de diámetro, según la variedad (Meza y Julca-Otiniano, 2015).

1.4.1 Ecología y agronomía de la yuca

La yuca se cultiva ampliamente en las zonas tropicales de baja altitud, típicamente entre los 30°N y 30°S del ecuador, en áreas donde la temperatura media anual supera los 18°C, la planta tiene dificultades en climas fríos, deteniendo su crecimiento a temperaturas inferiores a los 10°C (Vargas-Aguilar, 2010).

Su crecimiento óptimo se da en regiones que reciben entre 1000 y 1500 mm de lluvia al año, aunque puede sobrevivir en áreas con tan solo 500 mm de precipitación (Bolhuis, 1966). Cuando la disponibilidad de humedad es baja, la planta detiene su crecimiento y pierde algunas de sus hojas más viejas, pero retoma el crecimiento y produce nuevas hojas cuando la humedad vuelve a estar disponible (Ospina, 2002).

La yuca crece mejor en suelos ligeros y arenosos de fertilidad media y buen drenaje, el crecimiento es generalmente pobre en suelos arcillosos o con mal drenaje, también puede crecer y producir bien en suelos de baja fertilidad, donde la producción de la mayoría de los otros cultivos sería poco rentable (Alvis et al., 2008). Sin embargo, en suelos altamente fértiles, la yuca tiende a desarrollar un exceso de vegetación a costa de la formación de raíces (Scott, 2002).

La formación de raíces tuberosas en la yuca está controlada por el fotoperíodo, en condiciones de días cortos, la formación de tubérculos ocurre con mayor facilidad, pero cuando la duración del día es de 12 horas, el crecimiento se retrasa y el rendimiento disminuye (Ospina, 2002). El crecimiento vegetativo y la superficie foliar de los esquejes de yuca alcanzan su máximo dentro de los primeros cinco meses tras la siembra (Williams y Gazhali, 1969).

Tras la siembra, las raíces comienzan a agrandarse con la acumulación de almidón a partir de la octava semana, y el engrosamiento de las raíces se detiene entre los 7 y 9 meses en la mayoría de las variedades (Howeler, 2001).

1.5 Etapas fenológicas de la yuca

La yuca (*Manihot esculenta*), también conocida como mandioca, es un cultivo tropical de

gran importancia debido a su capacidad para producir una significativa cantidad de carbohidratos en condiciones climáticas adversas (Devi et al., 2022). Cada fase del ciclo de vida de la yuca, desde la siembra hasta la cosecha, exige un manejo adecuado para maximizar tanto el rendimiento como la calidad de las raíces (Jennings, 2009).

1.5.1 Plantación y emergencia

Durante la fase de plantación y emergencia, se utilizan esquejes sanos y de calidad, de entre 20 y 30 cm de longitud, plantados en surcos o hoyos con una profundidad de 5 a 10 cm, y un espaciamiento de 1 metro entre plantas e hileras (Santisopasri et al., 2001).

Esta fase tiene una duración de entre 15 y 30 días, dependiendo de las condiciones climáticas, en esta etapa, es fundamental mantener el suelo bien drenado y libre de malezas, y regar de forma regular, evitando el exceso de agua que podría provocar la pudrición de los esquejes (Ospina, 2002).

A. Prácticas recomendadas

- Selección de esquejes de buena calidad.
- Preparación adecuada del suelo para un buen drenaje.
- Plantación a la profundidad y distancia recomendadas.
- Riego moderado y control de malezas (Howeler, 2001).

1.5.2 Desarrollo vegetativo

En esta fase, que transcurre entre los 60 y 90 días, la yuca desarrolla su sistema radicular y parte aérea, formando tallos y hojas vigorosos. Es fundamental proporcionar nutrientes clave, como nitrógeno (N) y fósforo (P), para sostener el crecimiento vegetativo (Salick et al., 1997). El riego debe ajustarse a las condiciones climáticas, especialmente en períodos secos, y se debe realizar un control riguroso de las malezas para evitar la competencia por agua y nutrientes (Streck et al., 2014).

B. Prácticas recomendadas

- Aplicación de fertilizantes ricos en nitrógeno y fósforo.
- Riego regular, ajustado a las condiciones climáticas.
- Control eficaz de malezas mediante deshierbe manual o químico (León-Pacheco et al., 2014).

1.5.3 Formación y desarrollo de raíces

Entre los 90 y 180 días, las raíces tuberosas comienzan a formarse y a acumular almidón, que es la principal fuente de energía de la planta, el potasio (K) se vuelve esencial en esta etapa para fomentar el engrosamiento de las raíces y mejorar su calidad (Navarro et al., 2005). Se recomienda aplicar fertilizantes potásicos y continuar con un riego adecuado, además, es necesario mantener una vigilancia constante contra plagas y enfermedades, ya que las raíces en desarrollo son vulnerables a diversos patógenos (Navarro y Bolívar, 1983).

C. Prácticas recomendadas

- Aplicación de fertilizantes ricos en potasio.
- Mantenimiento del riego adecuado para conservar la humedad del suelo.
- Vigilancia continua de plagas y enfermedades.

1.5.4 Maduración de las Raíces

Esta fase, que abarca aproximadamente de 180 a 270 días, marca el momento en que las raíces alcanzan su tamaño y peso óptimos (Meza y Julca-Otiniano, 2015). El crecimiento vegetativo de la planta se ralentiza, y la energía se concentra en el desarrollo de las raíces (Ospina, 2002). Es importante reducir el riego en esta etapa para evitar el exceso de humedad que podría dañar las raíces maduras (Blanco-Navarro et al., 2005).

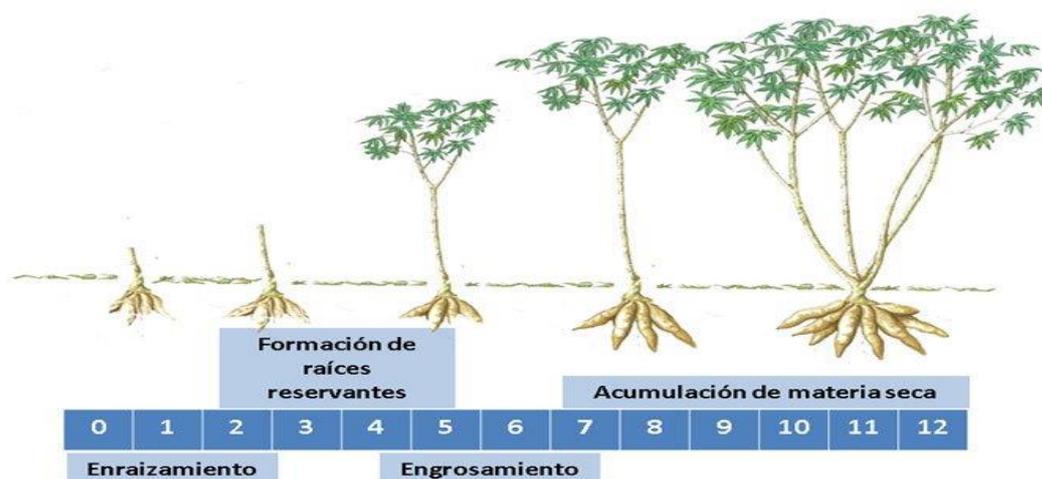


Figura 2. Etapas fenológicas de la yuca

Fuente. Tomado de (Meza y Julca-Otiniano, 2015).

D. Prácticas recomendadas

- Reducción del riego para evitar el exceso de humedad.
- Monitoreo constante de plagas y enfermedades.

- Disminución de la fertilización, enfocándose en el mantenimiento del cultivo.

1.5.5 Cosecha

La cosecha de la yuca se realiza entre los 9 y 12 meses posteriores a la siembra, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales (Ceballos y De La Cruz, 2002). Se debe elegir el momento adecuado para la cosecha, cuando las raíces hayan alcanzado su tamaño y contenido de almidón óptimos (Meza y Julca-Otiniano, 2015).

Tabla 3. Duración de cada fase y recomendaciones nutricionales

Etapa Fenológica	Duración (días)	Recomendación de Nutrientes (kg ha ⁻¹)
Plantación y Emergencia	15-30	N: 40-60, P: 20-30, K: 20-30
Desarrollo Vegetativo	60-90	N: 100-150, P: 40-60, K: 60-80
Formación y Desarrollo de Raíces	90-180	N: 50-70, P: 30-40, K: 80-120
Maduración de las Raíces	180-270	N: 20-30, P: 20-30, K: 40-60
Cosecha	270-360	N/A

Fuente. Tomado de InfoAgro (2024).

1.6 Manejo de plagas

Diversos tipos de plagas y enfermedades que afectan el cultivo de la yuca han sido identificados, y estos tienen un impacto significativo en el rendimiento del cultivo, Para abordar este problema, se han propuesto diversas metodologías de manejo (Graziosi et al., 2016).

Entre las principales plagas se encuentran los ácaros verdes de la yuca (*Mononychellus tanajoa*), insectos escama (*Coccoidea*), moscas blancas (*Aleurotrachelus socialis*), termitas (*Coptotermes formosanus*), cochinillas (*Maconellicoccus hirsutus*), escarabajos de cara plana (*Lagocheirus obsoletus*), larvas de la esfinge de ello (*Erinnyis ello*), entre otros (Suárez y Mederos, 2011).

Para mitigar los efectos de estas plagas, se busca mantener su presencia a niveles bajos utilizando material de siembra de alta calidad y libre de enfermedades (Pérez et al., 2019). Además, el control biológico, que implica el uso sistemático y deliberado de enemigos naturales, permite controlar las plagas de manera más permanente, manteniendo un buen estado ambiental y evitando el uso de pesticidas (Navarro y Bolivar, 1983).

El control de estas plagas también se relaciona con la aplicación de prácticas agronómicas, como la siembra intercalada, la mezcla de variedades de yuca, la destrucción de residuos de cultivos y el uso de pesticidas selectivos (Ihemere et al., 2006). A pesar de que las plagas pueden

causar daño, no siempre afectan de manera significativa el rendimiento del cultivo, ya que la planta puede resistir y recuperarse. Sin embargo, el uso de pesticidas puede no ser rentable si las pérdidas no son significativas, además del impacto ambiental y de salud que pueden generar (Aristizábal et al., 2007).

1.7 Manejo de enfermedades

Por otro lado, también se han identificado diversas enfermedades causadas por virus, hongos y bacterias, entre ellas están la superelongación (*Sphaceloma manihoticola*), la mancha angular de la hoja (*Xanthomonas campestris* pv. *Cassavae*), la mancha blanca de la hoja (*Phaeoramularia manihotis*), la antracnosis de la yuca (*Glomerella manihotis*), la pudrición negra de raíz y tallo (*Scybalidium* sp.), la mancha marrón de la hoja (*Cercosporidium henningsii*) y el mosaico común de la yuca (*Potexvirus*), entre otras (Jongruaysup et al., 2003).

Generalmente, estas enfermedades se previenen utilizando material de siembra sano y resistente, intercalando cultivos con maíz o sorgo, sembrando en suelos sueltos, controlando malezas, fertilizando adecuadamente, mejorando el drenaje del suelo y plantando al final de los periodos lluviosos (Kristensen et al., 2014).

Para controlar estas enfermedades, es necesario reducir la humedad excesiva en la plantación, erradicar las plantas enfermas, utilizar fungicidas específicos y eliminar el material afectado después de la cosecha mediante su quema (Lentini et al., 2020).

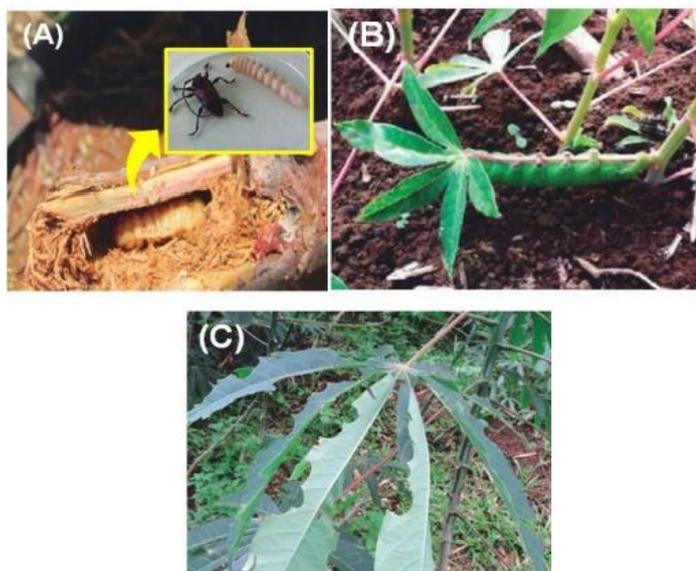


Figura 3. Presencia de algunas plagas en la planta de yuca. (A) Larva del escarabajo de cara plana y cuernos largos dentro del tallo de la planta de yuca, (B) larva de la esfinge de ello en la hoja de yuca, y (C) defoliación causada por hormigas.

Fuente. Nota tomado de Aguilar et al. (2017).

1.8 Variedades en Ecuador

Dentro del género *Manihot*, las variedades de yuca se dividen en dos grandes grupos: amargas y dulces, según la cantidad de ácido cianhídrico que contienen, una sustancia naturalmente tóxica (Navarro y Bolívar, 1983). Tanto las variedades dulces como las amargas poseen este compuesto, aunque en diferentes concentraciones (INIAP, 2019). A pesar de su toxicidad, el ácido cianhídrico se vuelve inofensivo al exponerse al sol, el calor o cuando se hierve a más de 100 °C, ya que se evapora (Ceballos y De la Cruz, 2002).

El sabor amargo de la yuca no siempre refleja su nivel de toxicidad, pues algunas variedades dulces pueden ser más peligrosas que las amargas, morfológicamente, las variedades amargas tienden a ser más grandes, con una pulpa blanca brillante y rica en almidón, manteniéndose duras incluso después de ser cocidas (Martínez-Hernández y Brito-Castillo, 2019). También poseen una cáscara más gruesa y pegajosa (Scott, 2002).

En cambio, las variedades dulces son más pequeñas, se ablandan con facilidad al cocinarlas, y tienen una cáscara más delgada y fácil de pelar (Meza y Julca-Otiniano, 2015). Estas últimas son frecuentemente utilizadas para la producción de harina, almidón y como verdura (Blanco-Navarro et al., 2005). En Ecuador, es esencial seleccionar variedades que se adapten a las condiciones locales y que sean resistentes a plagas, teniendo en cuenta también su aplicación industrial (Alvis et al., 2008).

1.8.1 Variedades para el trópico seco

Las variedades *INIAP Portoviejo-650* y *INIAP Portoviejo-651* sobresalen en zonas de trópico seco. La primera ofrece un rendimiento promedio de 17 t/ha⁻¹, con un potencial de hasta 35 t/ha⁻¹, mientras que la segunda tiene un rendimiento típico de 29 t/ha⁻¹ y puede alcanzar los 40 t/ha⁻¹ (Vargas-Aguilar, 2010). Estas variedades son más productivas y precoces que los cultivares nativos, además de ser tolerantes a plagas, con un alto contenido de materia seca (37% y 35,5%, respectivamente) y almidón (León-Pacheco et al., 2014).

1.8.2 Variedades para la zona subtropical

En las zonas subtropicales, las variedades Escancela-morada, Valenciana y Valencia de Quevedo-Los Ríos han mostrado los mejores rendimientos, superando las 30 t/ha⁻¹ en condiciones normales. Estas variedades forman parte de la colección denominada "Las Negras" (Aristizábal et al., 2007).

1.9 Variedad valencia

La variedad Valencia es la más demandada en los mercados nacionales e internacionales, y también se cultiva en pequeñas parcelas para el consumo familiar, se distingue por tener un pecíolo de color morado, hojas de forma lanceolada y un pedúnculo pronunciado (la estructura que conecta el tallo con la raíz) (Martínez-Hernández y Brito-Castillo, 2019).

Esta última característica es especialmente importante para el parafinado de la yuca, ya que ayuda a evitar daños en la parte proximal durante la cosecha (Meza y Julca-Otiniano, 2015). Además, la yuca Valencia presenta raíces cortas y de forma cónica, una cualidad deseable principalmente en el mercado de yuca fresca o parafinada (Báez et al., 1998).

Característica	Descripción
Nombre común	Yuca Valencia
Nombre científico	<i>Manihot esculenta</i>
Nombre de la variedad	Valencia
Porte de la planta	1,5 – 2,5m
Ciclo de producción (días)	240 - 300 días desde la siembra hasta la cosecha

Fuente. Tomado de Aguilar et al. (2017)

1.10 Regiones productoras de yuca en Ecuador

Según el ESPAC (2020), las principales áreas productoras de yuca en Ecuador se ubican en la región Amazónica, seguida por los valles bajos de la Sierra y la Costa. Estas zonas destacan por su adaptación al cultivo de yuca, ya que las condiciones climáticas y geográficas favorecen su crecimiento.

Tabla 4. Superficie, producción y rendimiento del cultivo de yuca en Ecuador, 2020

Provincia	Superficie sembrada (ha ⁻¹)	Superficie cosechada (ha ⁻¹)
El Oro	42	42
Esmeraldas	114	114
Guayas	78	72
Los Ríos	676	676
Manabí	1075	982
Santa Elena	1	1
Morona Santiago	2732	2703
Napo	1311	1236
Orellana	1470	1399
Pastaza	915	861
Sucumbíos	915	862
Zamora Chinchipe	1001	992

Fuente. Tomado de ESPAC (2020)

1.11 Manejo agronómico del cultivo de yuca

1.11.1 Preparación del Suelo

La yuca suele cultivarse en suelos de baja fertilidad, que requieren mantener una adecuada humedad, en terrenos planos, es común emplear surcos y rastras, mientras que en áreas con pendientes o con problemas de erosión, se recomienda la labranza cero para conservar la humedad y evitar la pérdida de la capa arable del suelo (Barrera et al., 2010). Adicionalmente, los rastrojos y malezas de la cosecha anterior se cortan y esparcen por el campo para formar una capa que ayude a mejorar el suelo mediante la reutilización de nutrientes (Molina et al., 1995).

1.11.2 Selección del material vegetativo

La calidad del material de siembra es fundamental para obtener buenos rendimientos. Se deben utilizar estacas maduras, de plantas de entre 8 y 12 meses de edad, que sean productivas y estén libres de plagas, lo que evita la necesidad de tratamientos químicos para controlar enfermedades como las causadas por *Botryodiplodia sp.*, *Fusarium sp.*, y *Rhizopus sp.* (Pérez et al., 2019)

Las estacas no deben almacenarse por mucho tiempo; es preferible dejar parte del cultivo sin cosechar para obtener material de plantación en el campo. Si es necesario almacenarlas, deben colocarse en lugares ventilados y elevados (Hernández-Salgado, 2011).

Antes de la siembra, es crucial asegurarse de que las estacas no emitan látex, ya que esto indica que no son aptas para la siembra. Además, se debe evitar mezclar variedades para lograr una plantación uniforme (Villavicencio y Vásquez, 2008).

- Utilizar estacas de 15 a 20 cm de longitud, con al menos 5 nudos.
- Emplearlas dentro de los 8 días posteriores a su preparación.
- El diámetro de la médula debe ser equivalente o menor a la mitad del diámetro de la estaca.

1.11.3 Siembra

En la costa ecuatoriana, la siembra de yuca se realiza entre diciembre y febrero, coincidiendo con las principales lluvias, mientras que en la Amazonía se lleva a cabo entre febrero y marzo (Pérez et al., 2019). En áreas con precipitaciones prolongadas o con acceso a riego, como Loja y Santa Isabel de Azuay, la siembra puede realizarse durante todo el año (Villavicencio y Vásquez, 2008). La siembra se efectúa de manera manual, introduciendo las

estacas en el suelo con herramientas como machetes o espeques. En el caso de la siembra inclinada, es fundamental asegurarse de que las yemas estén orientadas correctamente (Basantes, 2019).

1.11.4 Manejo de arvenses

El control de arvenses en el cultivo de la yuca se considera un factor crítico durante los primeros tres o cuatro meses del ciclo vegetativo, periodo en el cual las malezas compiten de manera significativa con la planta por los recursos esenciales como agua, luz y nutrientes (Aguilar et al., 2017). Se ha identificado el uso de herbicidas preemergentes selectivos como una estrategia común en la yuca, no obstante, estos herbicidas presentan una acción residual limitada, lo que permite la aparición de nuevas generaciones de malezas antes de que el follaje de la planta alcance el desarrollo adecuado para generar sombra suficiente que impida su crecimiento (Ekeleme et al., 2020).

El control de la reinfestación de malezas suele realizarse mediante métodos manuales, mecánicos o la aplicación de herbicidas pos-emergentes, mientras que el método manual logra la eliminación completa de malezas entre las plantas en el mismo surco, los métodos mecánicos y químicos suelen ser más efectivos en el control entre los surcos (Melifonwu, 1994).

Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones, ya que a menudo se controla únicamente las malezas entre hileras, pero no dentro de los surcos (Ekeleme et al. Esto resalta la importancia de implementar un manejo integrado de malezas, combinando diferentes estrategias, para maximizar la efectividad y garantizar un desarrollo óptimo del cultivo de yuca (Melifonwu, 1994).

1.11.5 Podas

La poda en el cultivo de la yuca se considera una práctica agronómica importante que puede influir tanto en el crecimiento como en el rendimiento del cultivo (Hernández-Salgado, 2011). Esta técnica consiste en la eliminación selectiva de hojas y ramas, con el fin de mejorar la circulación de aire, reducir la competencia interna por nutrientes y optimizar la exposición a la luz solar (León-Pacheco et al., 2014). Además, la poda puede favorecer el control de plagas y enfermedades, al disminuir el exceso de humedad en el follaje, lo que ayuda a prevenir condiciones favorables para su propagación (InfoAgro, 2024).

En cuanto al manejo de la yuca, se recomienda realizar la poda en momentos clave del ciclo de crecimiento, cuando la planta ha desarrollado un follaje denso o cuando las ramas inferiores comienzan a interferir en el crecimiento saludable del cultivo (Molina et al., 1995). Esta

práctica debe llevarse a cabo de forma cuidadosa, evitando la eliminación excesiva de material vegetal, ya que podría afectar la capacidad de fotosíntesis y, por ende, la producción de raíces (Navarro y Bolívar, 1983).

La poda adecuada puede también mejorar la calidad del producto final, al favorecer un crecimiento más homogéneo y un mejor aprovechamiento de los recursos, lo que se traduce en raíces de mayor tamaño y mejor calidad comercial (Ospina, 2002).

1.11.6 Densidades de siembra

El distanciamiento entre plantas varía según la variedad, el clima, la fertilidad del suelo y el sistema de plantación, para el monocultivo, se recomienda un distanciamiento de 1 metro entre líneas y 1,2 metros entre plantas para las variedades *INIAP Portoviejo-650* y *INIAP Portoviejo-651*, las cuales tienen un desarrollo moderado y tardío (6-9 meses de crecimiento erecto) (Aguilar et al., 2017).

En plantaciones asociadas, donde hay competencia con otros cultivos, el desarrollo inicial puede ser más lento, en asociación con maíz, se prefieren variedades altas y poco ramificadas (León-Pacheco et al., 2014). En este caso, el distanciamiento recomendado es de 2 metros entre columnas y 1-1,2 metros entre plantas de yuca, mientras que para el maíz se sugiere un distanciamiento de 2 metros entre líneas y 0,60 metros entre plantas, colocando tres semillas por sitio tratadas con Thiodicarb 31,5% (15ml) (Alarcón, 2019).

Tabla 5. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de yuca

Densidad (Plantas/ha)	Peso fresco (kg /planta ⁻¹)	Peso fresco (kg ha ⁻¹)
10000	1,89	19687
14000	1,87	25972
17000	1,63	27087
53000	0,99	52470

Fuente. Tomado de Rojas et al. (2007)

Para lograr un rendimiento óptimo en el cultivo de la yuca, es esencial establecer una densidad de siembra adecuada, se recomienda una población de 10,000 a 13,000 plantas por hectárea, lo que corresponde a un espaciado entre plantas de 0,75 a 1,00 m y una distancia entre surcos de 1.00 m (León-Pacheco et al., 2014). Este espaciado permite un adecuado desarrollo de las raíces, facilita las labores agrícolas y reduce la competencia por nutrientes, agua y luz entre las plantas (Blanco-Navarro et al., 2005).

Para la siembra, se utilizan esquejes de una longitud entre 15 y 20 cm, los cuales deben ser

enterrados horizontalmente a una profundidad de 3 a 5 cm para asegurar un buen establecimiento (Alvis et al., 2008). En el caso de siembras manuales, los cangres se colocan de manera vertical, enterrando la mitad de su longitud, lo que equivale a una profundidad de 7,5 a 10 cm. Esta práctica asegura que las raíces se desarrollen en una posición favorable para la extracción de nutrientes (Aguilar et al., 2017).

CAPITULO II

ESTADO DEL ARTE

El presente estudio, llevado a cabo en junio de 2001 en la comarca San José de Monte Redondo, Masatepe, departamento de Masaya, Nicaragua, evaluó el impacto de distintas densidades de siembra en el rendimiento de la yuca (*Manihot esculentum* Crantz), variedad Valencia. El objetivo principal fue analizar cómo las diferentes densidades de plantación (14,286, 15,385, 16,667, 18,182, 20,000 y 22,222 plantas por hectárea) influían en los componentes del rendimiento, con espaciamentos de un metro entre hileras y variaciones de 0,70 a 0,45 metros entre plantas. Los resultados obtenidos revelan que, aunque no se observaron diferencias significativas en la germinación entre las distintas densidades, el análisis de las raíces tuberosas mostró diferencias notables. La densidad de 14,286 plantas/ha (1 x 0,70 m) registró el mayor número de raíces con un promedio de 5,13 por planta. Por otro lado, la densidad de 15,385 plantas/ha (1 x 0,65 m) destacó significativamente al producir el mayor rendimiento de 27,75 toneladas por hectárea, acompañado del mayor diámetro de raíz, con un promedio de 5,20 cm. Este espaciamento favoreció la formación de raíces tuberosas de alta calidad, aptas para la exportación, lo que lo convierte en la densidad óptima para maximizar

Con el objetivo de evaluar el impacto de diferentes densidades de siembra y técnicas de control de malezas en el cultivo de yuca (variedad Tempranita) bajo el sistema de siembra directa. Las densidades de siembra evaluadas fueron 10,000, 12,500 y 15,625 plantas por hectárea, y se incluyeron seis tratamientos de control de malezas: fluazifop-butil (240 g/ha), glifosato (83,3 g/ha), fluometuron (1 kg/ha) + paraquat (400 g/ha), fomesafen (187,5 g/ha) + fluazifop-butil (180 g/ha), limpieza manual (machete) a los 15, 30, 60 y 120 días, y un testigo absoluto. El control de malezas a los 120 días para este factor. En cuanto a las técnicas de control de malezas, se identificaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en todas las variables analizadas, destacando el tratamiento de fomesafen + fluazifop-butil, que obtuvo el mayor rendimiento con 1.616,2 kg de raíces por hectárea (Báez et al., 1998).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de la variación en la densidad de siembra sobre el número de raíces tuberosas por planta en un cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), localizado en la zona rural del municipio de Vista Hermosa, departamento del Meta. Para ello, se implementó un diseño experimental de bloques completamente al azar, compuesto por cuatro tratamientos de distancias de siembra: 1,84 m x 0,80 m, 1,84 m x 1,20 m, 1,84 m x 1,50 m y 1,84 m x 1,70 m, con cuatro repeticiones. Los

resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, evidenciando que la variación en la distancia de siembra impacta directamente en la formación y diferenciación de las raíces de reserva. A medida que aumenta el espacio entre plantas, se observó un incremento en el número de raíces tuberosas aprovechables por planta, lo cual sugiere que un mayor espaciamiento permite que las plantas dispongan de un entorno adecuado para el desarrollo de sus raíces (Cano-Contreras, 2018).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la densidad de plantación en el desarrollo y rendimiento de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. El experimento se realizó en la Granja Experimental "Ana María Campos" de la Universidad del Zulia, caracterizada por un clima de bosque muy seco tropical, con precipitaciones anuales de 400 a 600 mm, temperaturas promedio de 28 °C, suelos franco arenosos y un pH de 5 a 6. Se analizaron dos factores: la distancia entre hileras (1,5 m, 2,0 m, 2,5 m) y la distancia entre plantas (0,8 m, 1,0 m, 1,2 m), utilizando un diseño experimental de parcelas divididas en bloques al azar con cinco repeticiones. El análisis estadístico mostró que la distancia entre hileras afectó significativamente ($P < 0,01$) la altura, diámetro del tallo, ancho de copa, número de hojas y peso de raíces comerciales tanto por planta como por hectárea. La distancia entre plantas también tuvo un efecto significativo ($P < 0,01$) en el ancho de copa, número de hojas y peso de raíces comerciales. El mayor rendimiento se obtuvo con una distancia de 2,0 m entre hileras y 0,8 m entre plantas, logrando 22,867 kg/ha y 20,788 kg/ha, respectivamente. Estos resultados sugieren que un manejo óptimo de la densidad de siembra mejora significativamente el rendimiento de la yuca en estas condiciones agroecológicas (Rojas et al., 2007).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de *Crotalaria juncea* como abono verde sobre el rendimiento de la yuca y la fertilidad del suelo bajo diferentes densidades de plantación. Los análisis estadísticos, efectuados con el software Statistic (2003), no mostraron diferencias significativas en el rendimiento de las raíces de yuca debido al uso del abono verde o a la densidad de plantación. Los rendimientos promedio en peso seco y fresco fueron de 4,44 y 13,26 t/ha⁻¹, respectivamente. Sin embargo, la densidad de 10,375 plantas ha⁻¹ presentó el mayor rendimiento de hojas, alcanzando 1,23 t/ha⁻¹. Respecto a la fertilidad del suelo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Aun así, los niveles de nitrógeno (0,27 %), fósforo (8,25 mg kg⁻¹) y potasio (0,32 cmol kg⁻¹) en el suelo mostraron una tendencia a aumentar debido al efecto del abono verde (*Crotalaria juncea*), lo que sugiere su potencial para mejorar la calidad del suelo a largo plazo (Magaña-Valenzuela et al., 2020).

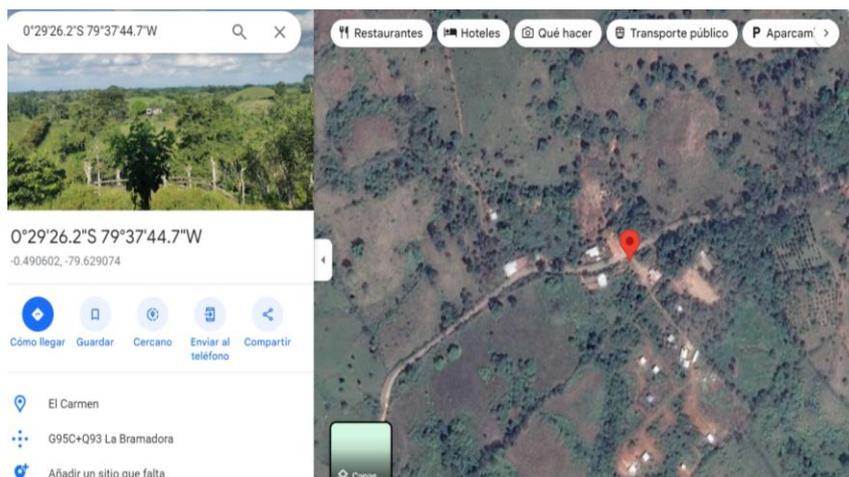
CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de la unidad experimental

El experimento se llevó a cabo en la provincia de Manabí, en el cantón El Carmen, específicamente en la Vía a la Bramadora, Sector Río de Oro Alejandrino Velazco. Las coordenadas geográficas del sitio experimental fueron $0^{\circ}29'26.2''S$ y $79^{\circ}37'44.7''W$.

Figura 4. Ubicación y coordenadas de la zona del experimento



Fuente. Tomado de Google Maps (2024).

3.2 Caracterización agroecológica de la zona

Tabla 6. Características agroecológicas de la localidad

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86%
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017)

3.3 Metodología

3.3.1. Método teórico

3.3.1.1 Enfoque analítico-sintético

Este estudio adoptó un enfoque analítico-sintético que permitió la recopilación, análisis y síntesis de información relevante proveniente de investigaciones y estudios previos. Dicho

enfoque facilitó la integración de los datos existentes en una base científica sólida, proporcionando una comprensión profunda del tema de estudio y estableciendo un fundamento teórico robusto para el desarrollo de la investigación (Sales y Guimarães, 2017).

3.3.1.2 Enfoque inductivo-deductivo

El uso combinado de los enfoques inductivo y deductivo permitió avanzar en la investigación al integrar conocimientos obtenidos de estudios previos con nuevas observaciones. Este proceso facilitó el desarrollo de hipótesis que, tras ser contrastadas con los resultados empíricos, condujeron a conclusiones específicas y concretas, derivadas directamente de la investigación realizada (Sarguera et al., 2024).

3.3.1.3 Método empírico

a. Recolección de datos

La recopilación de datos, tanto cualitativos como cuantitativos, fue clave para la evaluación de las variables dependientes del estudio. Esta fase permitió obtener información esencial para la realización de los análisis estadísticos y la validación de las hipótesis planteadas, contribuyendo de manera significativa al logro de los objetivos investigativos.

b. Experimentación

El proceso experimental se llevó a cabo siguiendo los procedimientos establecidos en el plan de campo, que incluyeron el cultivo y manejo del forraje verde hidropónico y la aplicación precisa de dosis de nutrientes según el diseño experimental (Flores et al., 2013). Esta fase permitió obtener resultados empíricos que fueron fundamentales para la validación y análisis de los efectos de los tratamientos en estudio.

3.4 Variables

3.3.2. Variables independientes

Densidades de siembra

- 12 500 planta ha⁻¹ (1,0 m x 0,8 m) (Blanco *et al.*, 2005)
- 7 143 planta ha⁻¹ (1,0 m x 1,4 m) (Jácome *et al.*, 2021)
- 8 333 planta ha⁻¹ (1,0 m x 1,2 m) (Jácome *et al.*, 2021)
- 10 000 planta ha⁻¹ (1,0 m x 1,0 m) (Blanco *et al.*, 2005)

3.3.3. Variables dependientes

- Días a la brotación
- Número de hojas
- Altura de planta
- Diámetro de tallo
- Número de tubérculos por planta
- Peso de tubérculos por planta
- Rendimiento en kg ha⁻¹

3.5 Tratamientos

Tabla 7. Disposiciones de los tratamientos en estudio

Nº	Tratamientos	Densidades
1	T1	12 500 planta ha ⁻¹ (1,0 m x 0,8 m)
2	T2	10 000 planta ha ⁻¹ (1,0 m x 1,0 m) Testigo
3	T3	8 333 planta ha ⁻¹ (1,0 m x 1,2 m)
4	T4	7 143 planta ha ⁻¹ (1,0 m x 1,4 m)

3.6 Características de las Unidades Experimentales

El diseño experimental, basado en 20 unidades experimentales de 25 m² cada una, distribuidas en un área total de 550 m², proporciona una base sólida para evaluar de manera rigurosa el impacto de las densidades de siembra en el rendimiento de la yuca (*Manihot esculenta*). El tamaño de las parcelas experimentales (5 m x 5 m) es adecuado para asegurar una correcta representación de las condiciones de campo, facilitando la recolección de datos precisos sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo. Además, con un total de 500 plantas en todo el experimento y 25 plantas por parcela, se asegura la capacidad de evaluar las diferencias entre los tratamientos con la suficiente repetición y precisión.

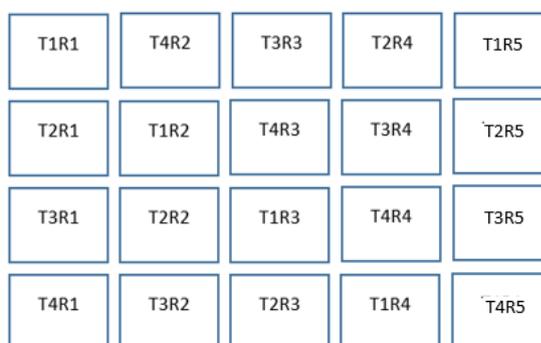


Figura 5. Croquis de campo del diseño experimental

La disposición cuadrada del ensayo permite una distribución homogénea y controlada de

las plantas, minimizando la variabilidad debida a factores externos. Con la evaluación específica de 4 plantas por unidad experimental, se garantiza una muestra representativa que permite obtener resultados fiables sobre el rendimiento de la yuca.

Tabla 8. *Características de la unidad experimental*

Características de las unidades experimentales	Datos
Número de unidades experimentales	20
Área de unidades experimentales	25m ²
Largo	5 m
Ancho	5 m
Área total del ensayo	550m ²
Forma del ensayo	Cuadrado
Número de plantas total	500 plantas
Plantas netas por parcelas	25 plantas
Número de plantas por evaluar	4 plantas

3.7 Análisis Estadístico

Se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, estableciendo un total de 20 unidades experimentales, cada una de 5 metros por 5 metros, en un área de estudio de 550 m². El experimento tuvo como objetivo evaluar las "Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), variedad Valenciana". Las mediciones se enfocaron en analizar el impacto de las diferentes densidades de siembra en el rendimiento del cultivo.

Los datos recolectados fueron procesados y analizados utilizando el software InfoStat versión 2021, que permitió realizar análisis estadísticos precisos y confiables. Para la comparación de las medias entre los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey al 5% de significancia, lo que permitió identificar diferencias estadísticas relevantes entre los grupos evaluados.

Tabla 9. *Esquema de ADEVA*

Fuentes de variación	gL
Total	19
Repetición	4
Tratamientos	3
Error experimental	12

3.8 Instrumentos de medición

3.8.1 Materiales y equipos de campo

- ❖ Calibrador o vernier
- ❖ Balanza
- ❖ Azadones o machetes
- ❖ Pala y rastrillo
- ❖ Flexómetro
- ❖ Estacas de yuca

3.8.2 Materiales de oficina y muestreo

- ❖ Software de análisis estadístico
- ❖ Excel
- ❖ Computadora

Manejo del ensayo

3.8.2.1 Ubicación de parcela

Se seleccionó un área para realizar la siembra de producción de yuca con el fin de llevar a cabo el experimento. La parcela se ubicó en la comuna Vicente Rocafuerte, parroquia Puerto Limón, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

3.8.2.2 Preparación del terreno

Se determinó el espacio donde se cultivarían los diferentes tratamientos de yuca, delimitando el terreno para los cálculos del establecimiento.

3.8.2.3 Limpieza y trazado

Se realizó la limpieza del área eliminando manualmente la maleza y restos vegetales que dificultaban la siembra.

3.8.2.4 Siembra

Una vez delimitadas las áreas de siembra de las diferentes parcelas con los tratamientos y bloques, se procedió a sembrar el material vegetal (Jácome et al., 2021).

3.8.2.5 Control de maleza

El control de maleza se realizó manual o mecánicamente con chapeadora, cada vez que la

maleza alcanzaba los 15 cm de altura.

3.8.2.6 Toma de datos

Se tomaron los datos de las variables establecidas desde la brotación del material vegetal. los datos obtenidos y se realizó su respectivo análisis, interpretación y conclusión.

3.8.3 TOMA DE DATOS

- Días a la brotación. – Se verificó el número de días que tardó la semilla o vareta de la yuca en emerger y desarrollar un punto de crecimiento de rama fuera de la superficie del suelo.
- Número de hojas. – Se contó la cantidad de hojas emitidas por cada planta durante el desarrollo de la investigación.
- Altura de planta. – Con la ayuda de un flexómetro, se midió la altura de la planta a los 70, 140 y 210 días de la investigación.
- Diámetro de tallo. – Mediante un calibrador, se midió la circunferencia del tallo a 1 metro sobre la superficie de la planta.
- Número de tubérculos. – Al llegar la cosecha, se procedió a contar los tubérculos producidos por cada planta.
- Peso de tubérculos. – Se determinó el peso promedio de los tubérculos obtenidos de las diferentes plantas, expresado en kilogramos.
- Rendimiento en kg ha^{-1} . – Durante la cosecha, se calculó el rendimiento de tubérculos multiplicando el peso promedio de los tubérculos por la cantidad de plantas por hectárea.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Días a la brotación

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, con un valor p de 0,5229 y un coeficiente de variación de 4,07% (ver Anexo 1). Esto indica que, en promedio, los tratamientos no influyeron de manera notable en el tiempo de brotación, que varió entre 10 y 10,4 días.

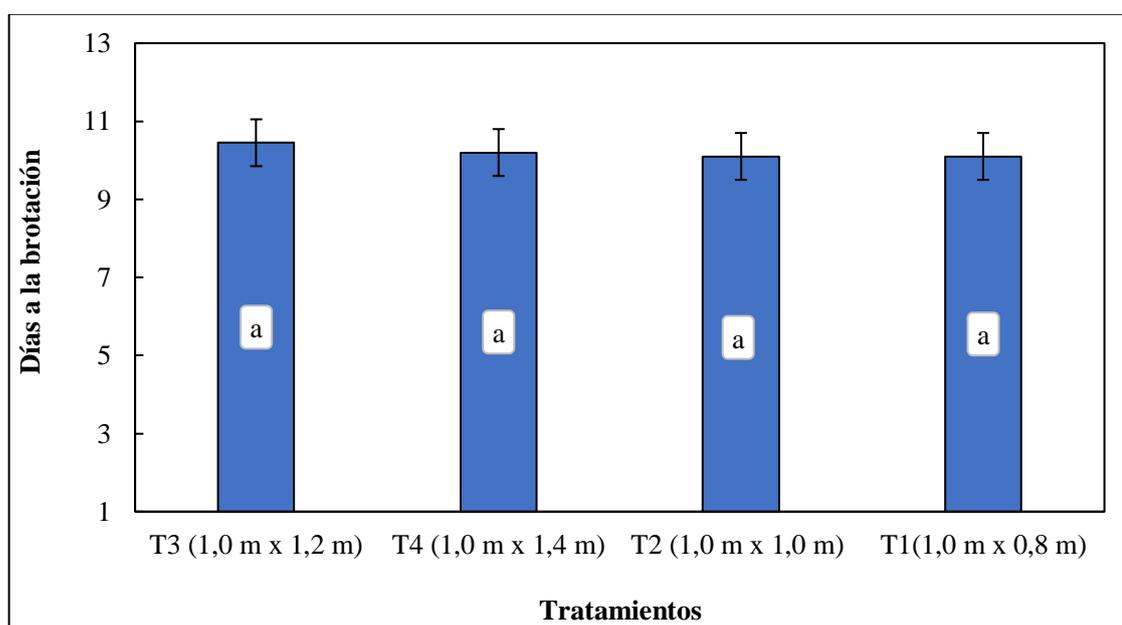


Figura 6. Días a la brotación de los diferentes distanciamientos de yuca

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

La distancia de siembra es un factor crítico en la producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), ya que influye significativamente en el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo. Howeler (2001), encontró que el tiempo desde la siembra hasta la brotación fue de 10 días, mientras que de la brotación al primer corte se observó un período adecuado de 90 días en yuca forrajera.

Este hallazgo es consistente con lo reportado por Cano -Contreras (2018), quien destacaron que la brotación temprana y un adecuado manejo de la densidad de siembra permiten optimizar la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes, lo que se traduce en mejores rendimientos.

4.2 Diámetro del tallo (cm) a los 60, 120 y 180 días

4.2.1 Diámetro del tallo a los 60 días

Los resultados revelaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,0035$), lo que confirma que la distancia de siembra tiene un efecto considerable sobre el diámetro del tallo. El coeficiente de variación (CV) fue del 10,5%, indicando una variabilidad moderada en los datos, lo cual es aceptable en estudios agronómicos.

El tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) mostró el diámetro del tallo más grandes, de 3,7 cm. Estos valores fueron significativamente superiores a los registrados en los tratamientos T2 (1,0 m x 1,0 m) que alcanzó medias de 3,31 cm (Figura 7).

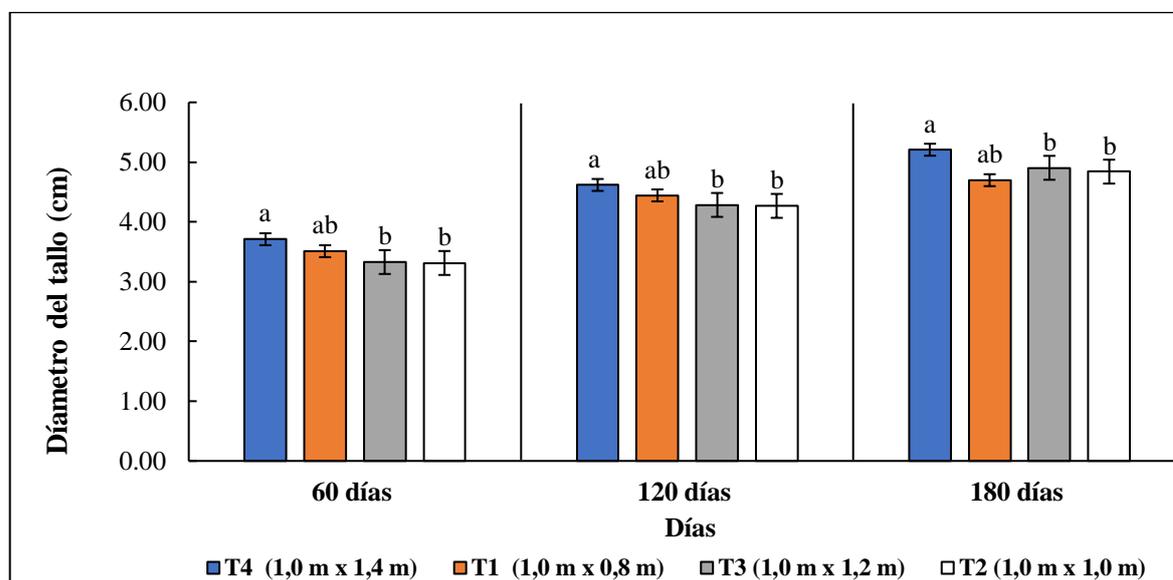


Figura 7. Diámetro del tallo (cm) a los 60, 120 y 180 días

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

Rojas et al. (2007), encontraron que existen diferencias significativas en las distancias de siembra de 2,0 m y 2,5 m, las cuales produjeron los mayores diámetros del tallo, reportando valores de 11,3 mm y 13,8 mm, respectivamente.

Rivas et al. 2004), encontraron que el diámetro del tallo bajo el sistema de siembra en surcos alcanzó los 2,7 cm, mientras que en el sistema de siembra directa fue de 2,4 cm. Estos resultados son inferiores a los obtenidos en el presente estudio. Estos resultados son superiores a los obtenidos en otros estudios, lo que sugiere que las distancias de siembra más amplias pueden favorecer un mayor desarrollo del tallo en el cultivo de yuca (Magaña Valenzuela et al., 2020).

4.2.2 Diámetro del tallo a los 120 días

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos en relación con el diámetro del tallo de la yuca a los 120 días ($p = 0,015$), con un coeficiente de variación del 11,98%, lo que refleja una moderada variabilidad en los datos. Al comparar las medias, el tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) obtuvo el mayor diámetro del tallo, con un promedio de 4,66 cm. Por otro lado, el tratamiento T2 (1,0 m x 1,0 m) registró el diámetro más bajo, con un valor promedio de 4,27 cm (Figura 7).

Rojas et al. (2007), encontraron que, a los 120 días de desarrollo, la distancia de siembra de 1,5 m entre hileras en el cultivo de yuca resultó en un diámetro del tallo promedio de 16,4 mm, un valor que es significativamente superior al reportado en el presente estudio, donde el tratamiento con mejor rendimiento (T4, 1,0 m x 1,4 m) alcanzó solo 14,5 mm.

Esta discrepancia podría deberse a varias variables, como las diferencias en las condiciones climáticas, el manejo agronómico, el tipo de suelo y el material genético utilizado en los estudios (Molina et al., 1995).

4.2.3 Diámetro del tallo a los 180 días

Los resultados muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo entre los tratamientos aplicados, con un valor de p de 0,0075 y un coeficiente de variación de 13,18 %, lo que indica una variabilidad moderada y aceptable en los datos. El tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) presentó el mayor diámetro promedio del tallo, con un valor de 5,21 cm, mientras que el tratamiento T1 (1,0 m x 0,8 m) obtuvo el diámetro más bajo, con un promedio de 4,84 cm (Figura 7).

Rojas et al. (2007), establecieron que la distancia de 2,5 m entre hileras registró el diámetro más alto con 21,9 mm, seguida por la distancia de 2,0 m con 22,2 mm y, finalmente, la distancia de 1,5 m con 18,6 mm en el cultivo de yuca. Este patrón indica que una menor densidad de siembra, asociada a distancias mayores, favorece el desarrollo en grosor del tallo de la yuca, probablemente.

4.3 Número de hojas 60, 120 y 180 días

4.3.1 Número de hojas 60 días

El análisis estadístico del número de hojas (NH) mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0,027$), lo que indica que la distancia de siembra afecta de

manera notable el desarrollo foliar del cultivo de yuca. El coeficiente de variación (CV) fue de 13,56%. En cuanto a los tratamientos, el T4 (1,0 m x 1,4 m) registró el mayor número de hojas con un valor promedio de 115,6 hojas, sin embargo, el tratamiento T3 (1,0 m x 1,2 m), reporto el menor número de hojas con 99,65 hojas. (Figura 8).

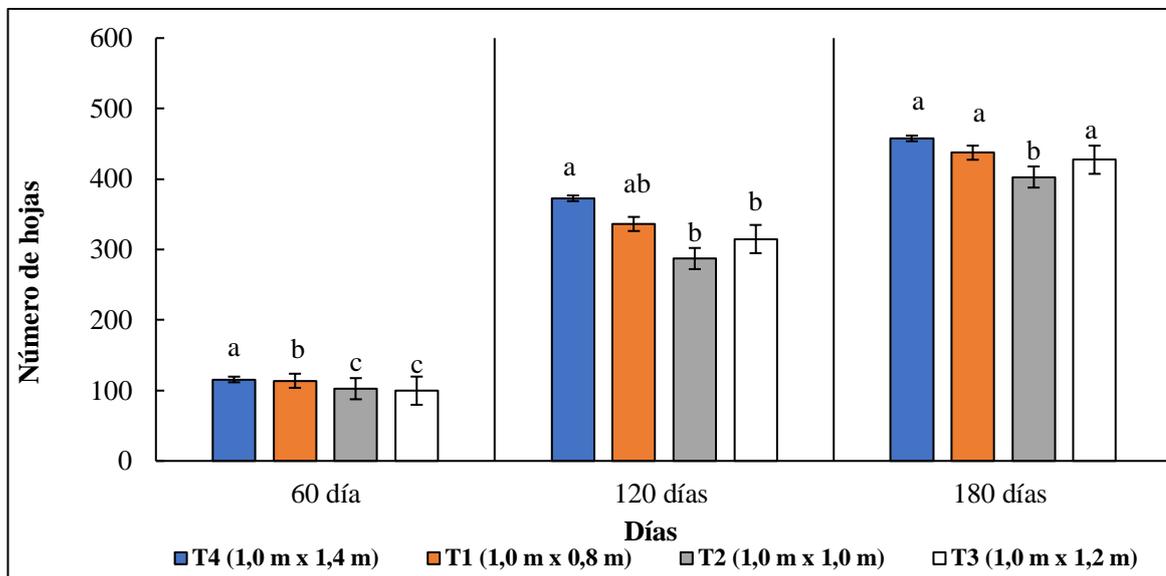


Figura 8. Número de hojas (NH) a los 60, 120 y 180 días

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

La comparación del número de hojas (NH) entre las plantas sembradas a 0,8 m y aquellas sembradas a 1,0 m y 1,2 m sugiere la existencia de competencia intraespecífica que afectó significativamente el desarrollo del cultivo de yuca llegando a 80 hojas por planta (Rojas et al., 2007).

En general, cuando las plantas se encuentran en poblaciones densas, como es el caso de las sembradas a 0,8 m, existe una competencia más intensa por recursos clave como la luz, lo que afecta negativamente el crecimiento de la planta y provoca una mayor caída de hojas, en especial las bajas (Mezay Julca-Otiniano, 2015).

4.3.2 Número de hojas 120 días

El número de hojas (NH) a los 120 días presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,0018$), evidenciando que la distancia de siembra tiene un impacto notable en el desarrollo foliar de la yuca. El tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) sobresalió como el más eficiente, alcanzando el mayor número de hojas con un promedio de 372,7, superando de manera significativa a los demás tratamientos (Figura 8). En contraste, el tratamiento T2 (1,0 m x 1,0 m) mostró la media más baja, con 287 hojas.

Rojas et al. (2007) encontraron que, con una distancia entre hileras de siembra de yuca de 1,2 m, se obtuvieron un promedio de 133,6 hojas por planta. Este valor es considerablemente más bajo en comparación con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde el tratamiento con una distancia de siembra de 1,2 m entre hileras (T3) registró un promedio de 314,85 hojas.

4.3.3 Número de hojas 180 días

El análisis mostró un valor de p de 0,0021 y un coeficiente de variación de 15,54 %, lo que indica diferencias estadísticamente significativas en el número de hojas entre los tratamientos. El tratamiento T4 presentó el mayor número de hojas con un promedio de 457,65, mientras que el tratamiento T1 tuvo el valor más bajo, con un promedio de 402,85 hojas (Figura 8).

La aplicación del fertilizante foliar parece haber tenido un impacto positivo en la promoción del crecimiento foliar, reflejándose en el mayor número de hojas observado en el tratamiento T4, que alcanzó un promedio de 457,65 hojas. Este aumento en el número de hojas podría estar asociado a la disponibilidad directa de nutrientes esenciales aplicados en forma foliar, lo que facilita su absorción y utilización rápida en los procesos fisiológicos de la planta, particularmente en la formación de nuevas hojas (Howeler, 2001).

4.4 Altura de la planta (m) 60,120 y 180 días

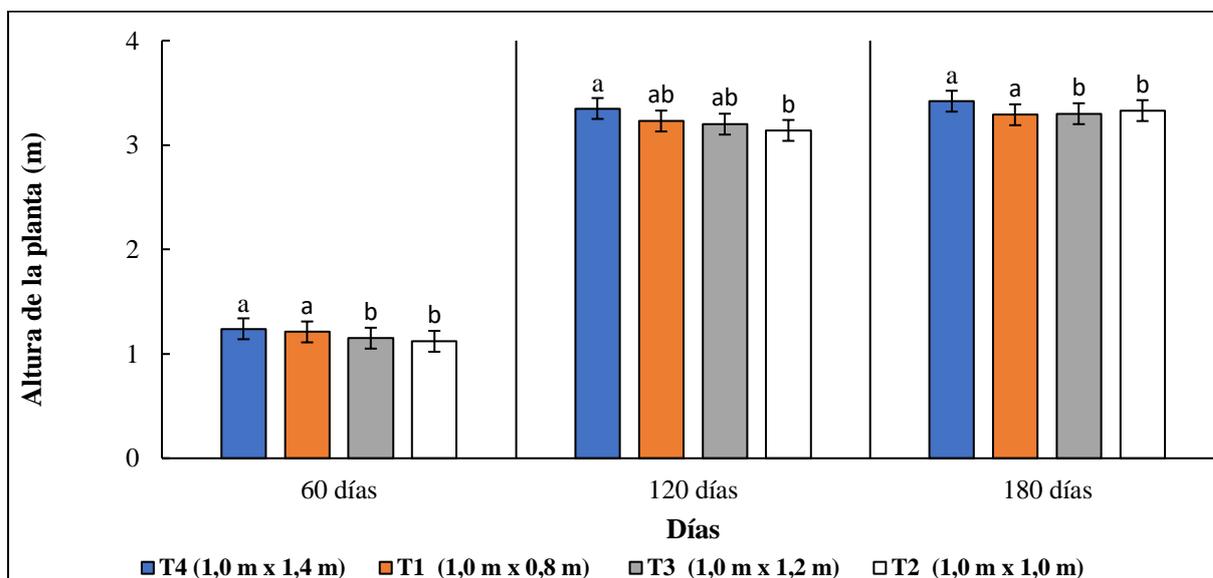


Figura 9. *Altura de la planta (m) a los 60, 120 y 180 días después de la siembra*

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

4.4.1 Altura de la planta (m) 60 días

El p -valor de 0,0500 muestra una diferencia significativa marginal entre los tratamientos.

El CV de 12,98% sugiere que los datos tienen una variabilidad moderada y aceptable para el análisis. En cuanto a la altura de las plantas, el tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) presentó el mayor promedio con una altura de 1,24 metros, destacándose como el mejor tratamiento en términos de crecimiento. Esto indica que la mayor distancia entre plantas y surcos favoreció un mayor desarrollo en altura en comparación con los otros tratamientos, particularmente en relación a al tratamiento T2, que mostró los valores más bajos de altura 1,12 m (Figura 9).

Rojas et al. (2007) encontró que la altura de la planta de yuca, a una distancia entre hileras de 1,5 m, fue de 0,75 m, un valor inferior al registrado en el presente estudio. Esto podría estar relacionado con las diferencias en las condiciones de manejo agronómico y los planes de fertilización. Por otro lado, Rivas (2004) reportó una altura de planta de 2,45 m al finalizar la cosecha, lo que indica un mayor crecimiento en comparación con los resultados obtenidos en este estudio a los 60 días después de la siembra.

4.4.2 Altura de la planta (m) 120 días

El p-valor de 0,0287 indica que existe una diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) fue el más eficiente, logrando el mayor desarrollo en altura con 3,35 m. Sin embargo, el tratamiento T3 (1,0 m x 1,2 m) reportó la menor altura, con 3,14 m, lo que sugiere que las distancias de siembra más amplias pueden favorecer un mejor desarrollo de las plantas, mientras que distancias más estrechas podrían limitar el crecimiento en altura (Figura 9).

Rojas et al. (2007) encontraron que, cuando la yuca se siembra con una distancia entre hileras de 2,5 m, la altura a los 120 días fue de 1,25 m. por su parte Ortiz-Díaz, (2019) encontró que al realizar tres fertilizaciones durante todo el ciclo de la yuca, utilizando un fertilizante granular que contiene nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), se consigue una altura de 1,67 m a los 120 días. Este valor es considerablemente inferior al reportado en el presente estudio, donde el tratamiento más eficiente (T4, con 1,0 m x 1,4 m) alcanzó una altura de 3,35 m a los 120 días.

4.4.3 Altura de la planta (m) 180 días

Los resultados muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en la altura de las plantas entre los tratamientos aplicados, con un valor de p de 0,007 y un coeficiente de variación de 25 %, indicando una variabilidad moderada en los datos. El tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) presentó la mayor altura promedio de planta, con un valor de 3,42, mientras que el

tratamiento T1 (1,0 m x 0,8 m) obtuvo el valor más bajo, con un promedio de 3,3 (Figura 9).

Estudios previos han encontrado que la densidad de plantación puede afectar significativamente la altura de la yuca. Por ejemplo, Rojas et al. (2007) reportaron que una menor densidad de siembra permite a las plantas de yuca desarrollarse más en altura y diámetro del tallo, dado que hay menor competencia por luz, agua y nutrientes. De manera similar, Cano-Contreras (2018) sugiere que la altura de la planta de yuca puede ser influenciada por el acceso a luz y la densidad de población, ya que un mayor espaciamiento entre plantas permite a cada planta recibir una mayor cantidad de radiación solar, lo cual estimula la elongación del tallo.

Por otro lado, el efecto de la fertilización y el manejo agronómico también influye en el crecimiento de la yuca en términos de altura. En investigaciones realizadas Rivas et al. (2004), se observó que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la yuca incrementó significativamente su altura.

4.5 Número de tubérculos

El análisis del número de frutos de la variedad de yuca Valencia bajo cuatro densidades de siembra reveló diferencias significativas, con un valor de $p = 0,0075$ y un coeficiente de variación (CV) de 11,45 %. El tratamiento T1 (1,0 m x 0,8 m) presentó el mayor promedio de 9,01 frutos, mientras que el tratamiento T3 (1,0 m x 1,2 m) obtuvo el menor promedio de 7,05 frutos (Figura 10).

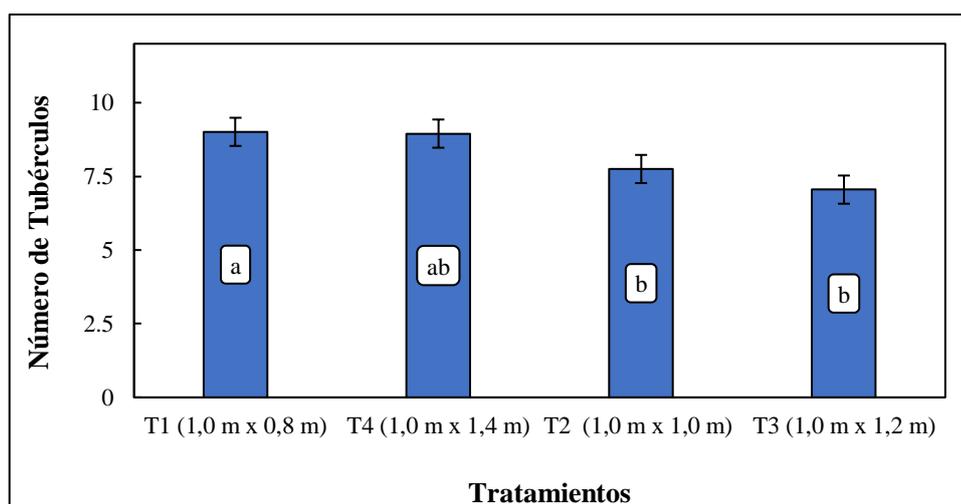


Figura 10. Número de Tubérculo según el distanciamiento de siembra

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

El número de raíces o de tubérculos fue en promedio de 7,2 raíces/planta para los tratamientos a una distancia de 1,0m x 1,0 m, dicho valor es inferior al encontrado en el presente estudio (Combatt-Cabellero et al., 2017). El rendimiento de la yuca está altamente influenciado

por la densidad de siembra, ya que esta determina la disponibilidad de espacio y recursos para cada planta, afectando así el crecimiento y desarrollo de las raíces, el órgano de interés en este cultivo (Martínez et al., 2020).

4.6 Peso del tubérculo

En cuanto al peso de los tubérculos de la variedad de yuca Valencia bajo cuatro diferentes densidades de siembra, se observaron diferencias significativas, con un valor de $p = 0,0258$ y un coeficiente de variación (CV) de 15,41 %. El tratamiento T2 (1,0 m x 1,0 m) registró el mayor peso promedio de tubérculos, alcanzando 4,51 kg, mientras que el tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) mostró el menor peso, con un promedio de 3,46 kg.

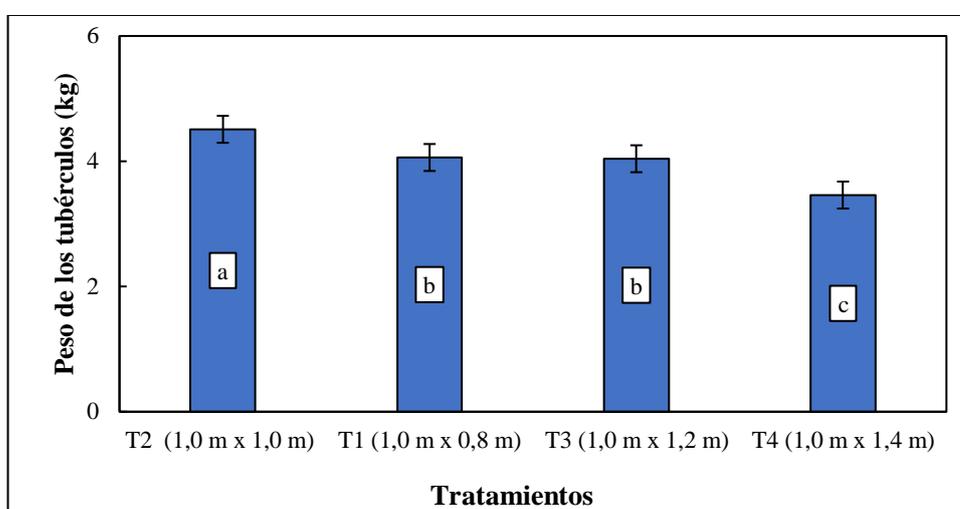


Figura 11. *Peso de los tubérculos del cultivo de yuca variedad valencia*

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

Estos hallazgos se alinean con estudios previos como el de Rojas (2007), quien reportó que una distancia de siembra de 1,2 m entre plantas generó un rendimiento de 2,0 kg por planta en yuca.

4.7 Rendimiento (kg ha⁻¹)

El análisis del rendimiento en la producción de raíces en la variedad de yuca Valencia bajo diferentes densidades de siembra mostró diferencias significativas, con un valor de $p = 0,0001$ y un coeficiente de variación de 17,8 %. Los tratamientos T1 (1,0 m x 0,8 m) y T2 (1,0 m x 1,0 m) presentaron los mayores rendimientos, con promedios de 48,272 kg ha⁻¹ y 38,428 kg ha⁻¹, respectivamente, lo que indica que estas densidades de siembra permiten una mayor eficiencia en la producción. En contraste, el tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) presentó el menor rendimiento, con un promedio de 23,497 kg ha⁻¹, sugiriendo que una mayor distancia entre plantas puede

reducir el rendimiento por hectárea.

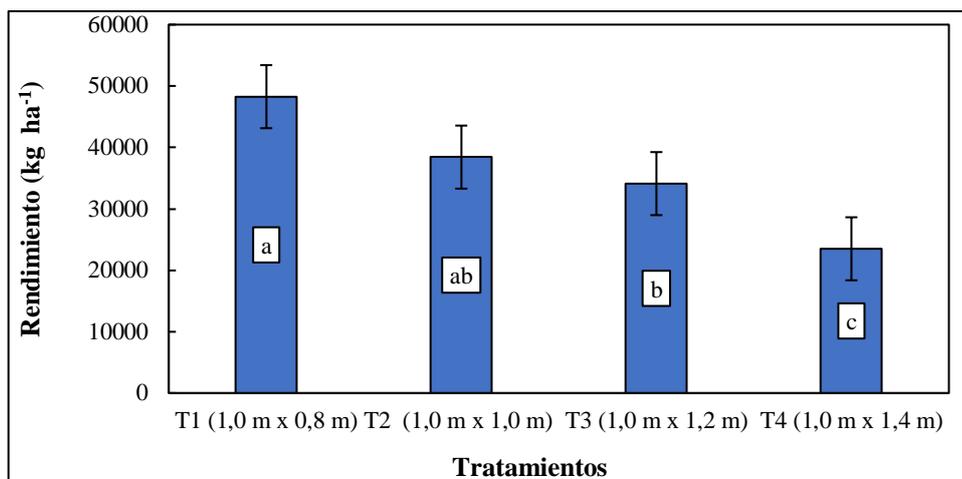


Figura 12. Rendimiento (kg ha^{-1}) de los tubérculos del cultivo de yuca variedad valencia

En estudios previos, se ha observado que la densidad de siembra y el tipo de tratamiento aplicado influyen significativamente en el rendimiento de la yuca. Combatt-Cabellero et al. (2017), reportaron una producción de aproximadamente 21 t. ha^{-1} en tratamientos con densidades óptimas, mientras que el tratamiento químico T5 presentó el rendimiento más bajo, con un promedio de $19,08 \text{ t ha}^{-1}$. Esto sugiere que el uso exclusivo de tratamientos químicos podría no ser suficiente para maximizar la productividad de la yuca. Por otro lado, Rojas (2005) encontró diferencias significativas en el rendimiento de la yuca al variar la distancia de siembra. En su estudio, una distancia de $1,0 \text{ m}$ produjo un rendimiento de $17,464 \text{ kg. ha}^{-1}$, mientras que una distancia de $1,2 \text{ m}$ resultó en $16,984 \text{ kg ha}^{-1}$.

4.8 Beneficio costo

El análisis de costo-beneficio de los diferentes tratamientos en el cultivo de yuca muestra que el tratamiento T1 ($1,0 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$) obtuvo la mayor relación beneficio/costo, con un valor de $1,44$, lo que indica que generó $\$1,44$ de ingresos por cada dólar invertido. Le sigue el tratamiento T2 ($1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$), con una relación de $1,23$, también rentable. El tratamiento T3 ($1,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$) mostró una relación de $1,19$, lo cual representa un rendimiento económico aceptable, aunque inferior a los dos primeros. En contraste, el tratamiento T4 ($1,0 \text{ m} \times 1,4 \text{ m}$) presentó la menor relación beneficio/costo, con un valor de $0,88$, indicando una pérdida económica, ya que solo generó $\$0,88$ por cada dólar invertido.

Tabla 10. Costo beneficio

Tratamientos	T1	T2	T3	T4
	(1,0 m x 0,8 m)	(1,0 m x 1,0 m)	(1,0 m x 1,2 m)	(1,0 m x 1,4 m)
Egresos				
Semillas de yuca	1125	1000	833,333	714,3
Control sanitario insumo	\$60,00	\$60,00	\$60,00	\$60,00
Fertilizantes granular (NPK)	\$270,00	\$270,00	\$270,00	\$270,00
Fertilizante Foliar	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00
Mano de obra	\$450,00	\$450,00	\$450,00	\$450,00
Total, Egresos	\$2.005,00	\$1.880,00	\$1.713,33	\$1.594,30
ingresos				
Rendimiento kg/ha	48272	38431	34112	23497
Costo de 1 kg (yuca)	\$0,06	\$0,06	\$0,06	\$0,06
Total, ingresos	\$2.896,31	\$2.305,83	\$2.046,71	\$1.409,79
Beneficio/ Costo	1,44	1,22	1,19	0,88

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES

La mejor densidad de siembra en términos de rendimiento por hectárea para la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana fue el tratamiento T1 (1,0 m x 0,8 m), con un rendimiento promedio de 48,272 kg/ha, seguido por el tratamiento T2 (1,0 m x 1,0 m) con 38,428 kg/ha. Esto demuestra que una menor distancia entre plantas favorece el rendimiento total por unidad de superficie, lo cual es clave para optimizar la producción en áreas limitadas.

En cuanto al comportamiento agronómico del cultivo, el tratamiento T4 (1,0 m x 1,4 m) mostró las mejores características morfológicas. Este tratamiento presentó el mayor diámetro promedio de tallo (5,21 cm), el mayor número de hojas promedio (457,65 hojas), la mayor altura promedio de planta (3,42 m) y un promedio de 8,95 frutos. Estos resultados indican que, aunque el rendimiento por hectárea fue menor en T4, esta densidad permite un desarrollo estructural superior de las plantas, lo cual podría ser beneficioso en términos de vigor y resistencia de las plantas a condiciones ambientales adversas.

Finalmente, el T1 es el más rentable y recomendable para maximizar los beneficios económicos en el cultivo de yuca, ya que combina un alto rendimiento por hectárea con una rentabilidad óptima. El tratamiento T2 también es una opción viable, aunque con un menor beneficio. Sin embargo, el tratamiento T4 no es rentable y no se recomienda para sistemas de producción que buscan maximizar el retorno económico.

CAPITULO VI

6 RECOMENDACIONES

- Utilizar la densidad de siembra de 1,0 m x 0,8 m para maximizar el rendimiento por hectárea en cultivos de yuca variedad Valenciana.
- Considerar la densidad de 1,0 m x 1,4 m en áreas donde se priorice el vigor y desarrollo estructural de las plantas para usarla como forraje para dieta de rumiantes.
- Ajustar las densidades de siembra según los objetivos productivos, priorizando el análisis costo/beneficio para garantizar sostenibilidad económica y agronómica.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E., Segreda, A., Saborío, D., Morales, J., Chacón, M., Rodríguez, L., y Gómez, Y. (2017a). Manual del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Costa Rica.
- Aguilar, E., Segreda, A., Saborío, D., Morales, J., Chacón, M., Rodríguez, L., y Gómez, Y. (2017b). Manual del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Costa Rica.
- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., y Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información tecnológica*, 19(1), 19-28.
- Aristizábal, J., Sánchez, T., y Lorío, D. M. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* (Vol. 163). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma.
- Báez, J., Antequera, R., Ramos, J., Gutiérrez, W., y Medrano, C. (1998). Densidad de siembra y control de malezas en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en siembra directa bajo las condiciones de la planicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron.(LUZ)*, 15, 429.
- Barrera, V. H., Cruz, E., Cardenas, F. M., Cobeña, G., y Zambrano, H. (2010). *Estrategias de vida de las comunidades de pequeños productores emprendedores de Yuca (Manihot esculenta Crantz) en Manabi-Ecuador*. INIAP Archivo Historico.
- Blanco, M., Aguilar, V., García, J. R., y Baldioceda, C. (2005). Efecto de las densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) vr Valencia. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 225-230.
- Blanco-Navarro, M., Bustamanete, V. A., López, J. R. G., y Manzanares, C. B. (2005). Efecto de las densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) vr Valencia. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 225-230.
- Bolhuis, G. G. (1966). Influence of length of the illumination period on root formation in cassava, *Manihot utilissima* Pohl. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 14(4), 251-254.
- Cano -Contreras, J. E. (2018). *Efecto de la variación en la densidad de siembra en el componente de rendimiento número de raíces tuberosas en cultivo comercial de Yuca (Manihot esculenta Crantz)*. [Tesis de Grado, Universidad de Cundinamarca]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1496>
- Ceballos, H. (2002). La yuca en Colombia y el mundo: Nuevas perspectivas para un cultivo milenario. *La yuca en el Tercer Milenio: Sistemas modernos de producción*,

- procesamiento, utilización y comercialización*, 327(1), 10.
- Ceballos, H., y De La Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. *OSPINA, Bernardo y CEBALLOS, Hernán. La yuca en el tercer milenio*, 16-31.
- Combatt-Cabellero, E. M., Polo-Santos, J. M., y Jarma-Orosco, A. D. J. (2017). Rendimiento del cultivo de yuca con abonos orgánicos y químicos en un suelo ácido. *Ciencia y agricultura*, 14(1), 57-64.
- Devi, B., Kumar, M. N., Chutia, M., y Bhattacharyya, N. (2022). Abiotic and biotic stress challenges of Cassava in changing climate and strategies to overcome: A review. *Scientia Horticulturae*, 305, 111432.
- Ekeleme, F., Dixon, A., Atser, G., Hauser, S., Chikoye, D., Olorunmaiye, P. M., Olojede, A., Korie, S., y Weller, S. (2020). Screening preemergence herbicides for weed control in cassava. *Weed Technology*, 34(5), 735-747.
- Flores, M. D., Franco, M. E. V. E., Ricalde, D. C., Garduño, A. A. L., y Apáez, M. R. (2013). *Metodología de la investigación*. Editorial Trillas, SA de CV.
- García, A. (2023). *efecto de diferentes dosis de fertilización con nitrógeno en la producción de semillas vegetativas de plátano curare enano (Musa sp.) en el caserío centro yurac – aguaytía* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/7031/B4_2024_UNU_AGRONOMIA_2023_T_LUIS-GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Google Maps. (2024). *Ubicación geográfica del ensayo* [Ubicación geográfica del ensayo]. <https://www.google.com/maps/@-0.2643624,-79.4325654,6978m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?entry=ttu>
- Graziosi, I., Minato, N., Alvarez, E., Ngo, D. T., Hoat, T. X., Aye, T. M., Pardo, J. M., Wongtiem, P., y Wyckhuys, K. A. (2016). Emerging pests and diseases of South-east Asian cassava: A comprehensive evaluation of geographic priorities, management options and research needs. *Pest Management Science*, 72(6), 1071-1089.
- Hernández-Salgado, J. M. (2011). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de yuca (Manihot esculenta Krants) en la provincia de Manabí*.
- Howeler, R. H. (2001). Cassava mineral nutrition and fertilization. En *Cassava: Biology, production and utilization* (pp. 115-147). CABI Wallingford UK.
- Ihemere, U., Arias-Garzon, D., Lawrence, S., y Sayre, R. (2006). Genetic modification of cassava for enhanced starch production. *Plant Biotechnology Journal*, 4(4), 453-465.
- InfoAgro. (2024, mayo 30). Etapas Fenológicas de la Yuca (Mandioca). *AgronoBlog - Blog de agricultura*. <https://agronoblog.com/etapas-fenologicas/etapas-fenologicas-de-la-yuca-mandioca/>

- Jácome, L. R., y Carrillo, A. I. (2020). Efecto de la fertilización química en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Santo Domingo de los Tsáchilas.: Effect of chemical fertilization on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Santo Domingo de los Tsáchilas. *Revista de Investigación Científica TSE DE*, 3(2), Article 2.
- Jácome, L. R., Cuenca, A. del C., Martínez, M. C., Chica, H. F., y Valencia, X. P. (2021). Efecto de densidades de siembra y sistemas de labranza en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 6(10), 8.
- Jácome-Gómez, L. R., Cuenca Tinoco, A. del C., Martínez Sotelo, M. C., Chica Solorzano, H. F., y Valencia Enríquez, X. P. (2021). Efecto de densidades de siembra y sistemas de labranza en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 6(10), 8.
- Jennings, D. (2009). Tropical Root and Tuber Crops. Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids. By V. Lebot. Wallingford, UK: CABI (2009), pp. 413, £ 37.50. ISBN 978-1-84593-424-8. *Experimental Agriculture*, 45(3), 382-382.
- Jongruaysup, S., Trelo-ges, V., y Chuenrung, C. (2003). Minimum tillage for cassava production in Khon Kaen Province, Thailand. *Songklanakarin J. Sci. Technol., Thailand*, 25(2), 191-197.
- Kristensen, S. B. P., Birch-Thomsen, T., Rasmussen, K., Rasmussen, L. V., y Traoré, O. (2014). Cassava as an energy crop: A case study of the potential for an expansion of cassava cultivation for bioethanol production in Southern Mali. *Renewable energy*, 66, 381-390.
- Lentini, Z., González, Á., Tabares, E., Buitrago, M. E., y Wêdzony, M. (2020). Studies on gynogenesis induction in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) unpollinated ovule culture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 365.
- León-Pacheco, R., Pérez, M., Gutiérrez, M., Rodríguez, A., Fuenmayor, F., y Marín, C. (2014). Caracterización ecofisiológica de cuatro clones de yuca del banco de germoplasma del INIA-CENIAP. *Agronomía Tropical*, 64(1-2), 97-105.
- Magaña Valenzuela, W., Obrador Olán, J. J., García López, E., Castelán Estrada, M., Carrillo Ávila, E., Magaña Valenzuela, W., Obrador Olán, J. J., García López, E., Castelán Estrada, M., y Carrillo Ávila, E. (2020). Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral y abono verde. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1259-1271. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2202>
- Martínez-Hernández, C. M., y Brito-Castillo, I. (2019). Caracterización de algunas propiedades físico-mecánicas y químicas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(2).
- Melifonwu, A. (1994). Weeds and their control in cassava. *African Crop Science Journal*, 2(4),

519-530.

- Meza, Y., y Julca-Otiniano, A. (2015). Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco. *Ecología Aplicada*, 14(1), 55-63.
- Molina, J. L., El-Sharkawy, M., y López, Y. (1995). Fertilidad del suelo y calidad nutricional de estacas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Acta Agronómica*, 45(1), 71-78.
- Navarro, y Bolívar, F. S. (1983). *Guía técnica para el cultivo de la yuca (Manihot esculenta). Estación Experimental" Dean Padgett B."* (Número 444). IICA Biblioteca Venezuela.
- Navarro, Bustamante, V. A., López, J. R. G., y Manzanares, C. B. (2005). Efecto de las densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculentum* Crantz) vr Valencia. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 225-230.
- Ortiz Diaz, C. C. (2019). *Evaluación de dos densidades de siembra en un cultivo comercial de yuca (manihot esculenta c.) bajo la metodología pipa, en el municipio de yacopí cundinamarca* [Thesis].
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2645>
- Ospina, B. (2002). *La yuca en el tercer Milenio: Sistemas Modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (Vol. 327). CIAT.
- Pérez, D., Mora, R., y López-Carrascal, C. (2019). Conservación de la diversidad de yuca en los sistemas tradicionales de cultivo de la Amazonía. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 202-212.
- Rivas, J., Velásquez, E. J., y Tenías Tenías, J. (2004). Efecto de sistemas de preparación de suelos sobre algunas propiedades físicas del suelo y biométricas en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Llanos Altos de Monagas. *Revista Científica UDO Agrícola*, 4(1), 36-41.
- Rojas, R., Gutiérrez, W., Esparza, D., Medina, B., Villalobos, Y., y Morales, L. (2007). Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(1), 94-112.
- Salick, J., Cellinese, N., y Knapp, S. (1997). Indigenous diversity of cassava: Generation, maintenance, use and loss among the Amuesha, Peruvian upper Amazon. *Economic Botany*, 6-19.
- Santisopasri, V., Kurotjanawong, K., Chotineeranat, S., Piyachomkwan, K., Sriroth, K., y Oates, C. G. (2001). Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. *Industrial crops and products*, 13(2), 115-129.
- Scott, S. (2002). La yuca en Colombia y el mundo: Nuevas perspectivas para un cultivo

milenario. *La yuca en el Tercer Milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*, 327(1).

- Silva, T. S., Silva, P. S. L., Braga, J. D., Silveira, L. M. da, y Sousa, R. P. de. (2013). Planting density and yield of cassava roots. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 317-324.
- Streck, N. A., Pinheiro, D. G., Junior Zanon, A., Gabriel, L. F., Rocha, T. S. M., Souza, A. T. de, y Silva, M. R. da. (2014). Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. *Bragantia*, 73, 407-415.
- Suárez, L., y Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos tropicales*, 32(3), 27-35.
- Vargas-Aguilar, P. (2010). Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad valencia, factibilidad de uso en productos de panadería. *Revista tecnología en marcha*, 23(3), ág-15.
- Villavicencio, A., y Vásquez, W. (2008). *Guía técnica de cultivos*. INIAP Archivo Historico.

8 ANEXOS

Anexo 1. ADEVA de la variable días a la brotación en la evaluación de la Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana

F.V.	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrado de medias (CM)	F	p-valor
Tratamientos	0,41	3	0,14	0,79	0,5229
Bloques	0,55	4	0,14	0,8	0,5507
Error	2,08	12	0,17		
Total	3,03	19			

Anexo 2. Días a la brotación de los diferentes distanciamientos de yuca

Tratamientos	Días a la brotación	E.E.	
T3 (1,0 m x 1,2 m)	10,45	0,19	a
T4 (1,0 m x 1,4 m)	10,2	0,19	a
T2 (1,0 m x 1,0 m)	10,1	0,19	a
T1 (1,0 m x 0,8 m)	10,1	0,19	a
Valor p			0,5229
CV (%)			4,07

Anexo 3. ADEVA de la variable Número de hojas en la evaluación de la Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana

F.V.	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrado de medias (CM)	F	p-valor
Tratamientos	8087,34	3	2695,78	2,18	0,0021
Repeticiones	30746,64	4	7686,66	6,22	0,006
Error	14838,38	12	1236,53		
Total	53672,36	19			

Anexo 4. ADEVA de la varia altura de la planta en la evaluación de la Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana

F.V.	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrado de medias (CM)	F	p-valor
Tratamientos	0,12	3	0,04	3,35	0,0287
Repeticiones	0,05	4	0,01	0,97	0,4584
Error	0,14	12	0,01		
Total	0,31	19			

Anexo 5. ADEVA de la variable diámetro del tallo en la evaluación de la Densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad Valenciana

F.V.	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrado de medias (CM)	F	p-valor
Modelo	5,15124E+11	7	73589202731	50,73	<0,0001
Tra	5,08617E+11	3	1,69539E+11	116,87	<0,0001
Repeticiones	6507134170	4	1626783543	1,12	0,3916
Error	17407472388	12	1450622699		
Total	5,32532E+11	19			

Anexo 6. Preparación del terreno



Anexo 7. Días a la brotación



Anexo 8. Altura de planta a los 30 días



Anexo 9. Altura de planta a los 60 y 120 días



Anexo 10. Medida del diámetro del tallo (mm)



Anexo 11. Cosecha de cada uno de los tratamientos



Anexo 12. Peso de cada uno de los tratamientos



Anexo 13. Análisis de suelo



RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

Datos del cliente		Referencia	
Cliente:	Srta. ENMA BRIONES	Número Muestra:	9381
Propiedad:		Fecha de ingreso:	6/3/2024
Cultivo:	POR SEMBRAR YUCA	Impreso:	19/3/2024
Identificación		Fecha de Entrega:	21/3/2024

Identificación del lote:

Profundidad:

pH	C.E	M.O	NH4	P	S	K	Ca	Mg
En Agua	ds/m	%	ppm			meq/100 g		
5,85	0,17	3,09	49,65	30,61	11,27	1,15	3,00	1,22
Me.Ac.	N.S.	M	A	A	M	A	B	B

Na	Al+H	Al	Σ bases	TEXTURA (%)			Cu	B
meq/100g				Arena	Limo	Arcilla	ppm	
			5,37	40	49	11	6,20	0,35
			B	CLASE TEXTURAL: FRANCA			A	M

Fe	Zn	Mn	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
ppm			R1	R2	R3
196,0	13,20	15,00	2,46	1,06	3,67
A	A	M	O	B	B

INTERPRETACIÓN

Textura	Elementos	pH	Conductividad eléctrica
Fco. = Franco	MB= Muy Bajo	M.Ac. = Muy Ácido	N.S.= No salino
Fco.Ar = Franco Arenoso	B = Bajo	Ac. = Ácido	L.S.= Ligeramente salino
Arc. = Arcilloso	M = Medio	Me.Ac.= Medianamente Ácido	S. = Salino
Ar. = Arenoso	A = Alto	LAc. = Ligeramente Acido	M.S.= Muy Salino
Li. = Limoso	O = Óptimo	P. N. = Prácticamente Neutro	

Determinación	Metodología	Extractante
P, NH4 ⁺	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8,5
S	Turbidimetría	Fosfatos de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
M.O.	Walkley y Black	No Aplica

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciométrica	Suelo-Agua (1:2,5)
CE	Conductimetría	No Aplica
Textura	Modificado de Bouyoucus	No Aplica
Al	Volumetría	KCl 1N
Al + H		

Dra. Luz Maria Martinez

Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA



Calle Rio Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono:

Tesis Enma Briones

4%
Textos sospechosos

- 4% Similitudes
 - 0% similitudes entre comillas
 - 0% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: Tesis Enma Briones.docx
ID del documento: 59869638c78473cc39902fba85a51f12dfa5428d
Tamaño del documento original: 6,49 MB
Autores: []

Depositante: Marco De la Cruz Chicaiza
Fecha de depósito: 6/1/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 6/1/2025

Número de palabras: 13.981
Número de caracteres: 89.238

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/7840/1/T-UTEQ-0188.pdf 10 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (72 palabras)
2	www.scielo.org.mx Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral ... https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=52007-09342020000601259 8 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (61 palabras)
3	repositorio.agrosavia.co https://repositorio.agrosavia.co/bitstream/20500/12324/370014/Ver_Documento_37003.pdf 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (53 palabras)
4	www.mag.go.cr http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/informe-final-y... 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (44 palabras)
5	repositorio.uno.edu.pe https://repositorio.uno.edu.pe/bitstream/b2609f/d-4245-45ed-b75a-6180de97e12d/download	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (41 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3326/3/UJLEAM-AGRO-0033.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
2	ve.scielo.org Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento ... https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=50373-781320070001000079&script=sci_abstract	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
3	dialnet.unirioja.es https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7575833&pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
4	Tesis Tania Loor Arauz.docx Tesis Tania Loor Arauz #4731939 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
5	Documento de otro usuario #180e7d El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Santiago Alexander Anzués Zapata.docx Santiago Alexander Anzués Za... #f0a47d El documento proviene de mi grupo	3%		Palabras idénticas: 3% (434 palabras)
2	Tesis Final Carlos Rodríguez final(1).docx Tesis Final Carlos Rodríguez fin... #e7054b El documento proviene de mi biblioteca de referencias	3%		Palabras idénticas: 3% (432 palabras)
3	Tesis Anthony Vega.docx Tesis Anthony Vega #03a49f El documento proviene de mi biblioteca de referencias	3%		Palabras idénticas: 3% (432 palabras)
4	TESIS PASTO CUBA OM-22- SANTANA NAYELI.docx TESIS PASTO CUBA O... #8cb445 El documento proviene de mi grupo	2%		Palabras idénticas: 2% (234 palabras)
5	polodelconocimiento.com Efecto de densidades de siembra y sistemas de labranz... https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3206/html	2%		Palabras idénticas: 2% (233 palabras)
6	polodelconocimiento.com Efecto de densidades de siembra y sistemas de labranz... https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3206/html	2%		Palabras idénticas: 2% (233 palabras)
7	TESIS EDDY 2024 (1).docx TESIS EDDY 2024 (1) #90445d El documento proviene de mi grupo	2%		Palabras idénticas: 2% (231 palabras)

