

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**DENSIDADES DE SIEMBRA Y FÓRMULAS DE ABONAMIENTO (NPK) EN EL
RENDIMIENTO DE *Capsicum frutescens* (AJÍ CHARAPITA) EN UN SUELO
RESIDUAL**

TESIS

**Para optar el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
BEATRIZ SILVA BORJA**

**Asesor
CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS**

**Tingo María – Perú
2024**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN y AYACUCHO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 010-2024-FA-UNAS

BACHILLER : BEATRIZ SILVA BORJA

TÍTULO : "DENSIDADES DE SIEMBRA Y FORMULAS DE
ABONAMIENTO (NPK) EN EL RENDIMIENTO DE
Capsicum frutescens (AJI CHARAPITA) EN UN SUELO
RESIDUAL"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO

VOCAL : Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

VOCAL : M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS

ASESOR : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 24/05/2024

HORA DE SUSTENTACIÓN : 10:00 A.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

CALIFICATIVO : MUY BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 24 DE MAYO DEL 2024

Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
PRESIDENTE

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUOPANQUI
VOCAL

NO ASISTIO

M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
VOCAL

Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 249 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DENSIDADES DE SIEMBRA Y FÓRMULAS DE ABONAMIENTO (NPK) EN EL RENDIMIENTO DE Capsicum frutescens (AJÍ CHARAPITA) EN UN SUELO RESIDUAL	BEATRIZ SILVA BORJA	13 % Trece

Tingo María, 13 de agosto de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 UNIDAD DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN
 Dr. Tomás Mexácho Mallqui
 Jefe

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**DENSIDADES DE SIEMBRA Y FÓRMULAS DE ABONAMIENTO (NPK) EN EL
RENDIMIENTO DE *Capsicum frutescens* (AJÍ CHARAPITA) EN UN SUELO
RESIDUAL**

Autor	: Beatriz Silva Borja
Asesor	: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas
Área de investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea de investigación	: Fertilidad, clasificación, biología, manejo y conservación de suelos
Eje temático	: Fertilización inorgánica y densidades de siembra
Lugar de ejecución	: Distrito de Mariano Damaso Beraun (Las Palmas)
Duración del trabajo	: 10 Meses
Financiamiento	: S/ 5 439,50

Tingo María – Perú. Julio, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

REGISTRO DE TESIS

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de tesis	: Densidades de siembra y fórmulas de abonamiento (NPK) en el rendimiento de <i>Capsicum frutescens</i> (ají charapita) en un suelo residual.
Autor	: Beatriz Silva Borja
DNI	: 70246720
Correo electrónico	: beatrizsilvaborja@gmail.com
Asesor de tesis	: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas
Escuela profesional	: Agronomía
Área de investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea (s) de investigación	: Fertilidad, clasificación, biología, manejo y conservación de suelos
Eje temático de investigación	: Fertilización inorgánica y densidades de siembra
Lugar de ejecución	: Distrito de Mariano Damaso Beraun (Las Palmas)
Duración del trabajo	: 10 Meses
Inicio	: Enero del 2023
Término	: Agosto del 2023
Financiamiento	: S/ 5 439,50
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

Tingo María – Perú. Julio, 2024

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme brindado la posibilidad de alcanzar este punto en mi vida, así como por la salud y la tranquilidad que me han facilitado el progreso hacia mis objetivos.

Deseo mostrar mi profundo agradecimiento a mis queridos padres por su apoyo inquebrantable, su amor sin reservas, la confianza que han depositado en mí, su sabio consejo, la transmisión de sus valores y su constante motivación para que sea una persona honorable.

En el recorrido de mi vida, la presencia y el amor incondicional de mis queridos hermanos, María, Dalila, Cecilia, Emilio, Octavio, Andrés y Gerardo, han sido la fuerza motriz de mi desarrollo como persona, cada uno ha contribuido de manera única, brindándome no solo apoyo, sino también inspiración para ser una mejor versión de mí

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, una institución de prestigio reconocido a nivel nacional e internacional, por ser el lugar donde realicé mis estudios universitarios y obtuve mi formación profesional.
- A los profesores de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en particular a aquellos de la Facultad de Agronomía, por su invaluable contribución a mi educación y su apoyo en proyectos de investigación en el campo de la agronomía.
- Al Ing. Carlos Miguel Miranda Armas por su colaboración como asesor en la ejecución de la tesis y la redacción del informe final.
- A los miembros del Jurado de Tesis, el Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano como presidente de tesis, el Dr. Hugo Alfredo Huamani Yupanqui y el M. Sc. Fausto Silva Cárdenas, por su exhaustiva revisión académica, valiosas recomendaciones y correcciones al informe de tesis.
- Mi gratitud de manera especial a mis segundos padres, Felipe Morales Ricardo y Segunda Gavidia Ledesma, dueños del terreno donde se realizó el experimento, cuyo apoyo incondicional, amor y comprensión han sido absolutamente únicos en mi vida. Su presencia constante, guiándome con sabiduría y cariño a lo largo de mi camino
- A todas las personas que apoyaron en este trabajo de investigación, con un agradecimiento especial a mis colegas por su colaboración.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Ají charapita (<i>Capsicum frutescens</i> L)	3
2.1.1. Labores culturales del cultivo de ají charapita.....	3
2.1.2. Fenología del ají charapita	4
2.1.3. Factores edafoclimáticos.....	4
2.1.4. Rendimiento del ají charapita	4
2.2. Densidad de siembra.....	5
2.3. Elementos esenciales en las plantas.....	7
2.3.1. Nitrógeno.	8
2.3.2. Fósforo.	9
2.3.3. Potasio.....	10
2.4. Estudios similares	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.2. Material y métodos	14
3.2.1. Materiales.....	14
3.2.2. Análisis de suelo inicial	15
3.2.3. Descripción de los perfiles de suelo	16
3.2.4. Metodología.....	17
3.2.5. Componentes en estudio	17
3.2.6. Tratamientos en estudio	18
3.2.7. Diseño experimental	18
3.2.8. Análisis de varianza	19
3.2.9. Características del campo experimental	19
3.2.10. Croquis del experimento	20
3.3. Ejecución del experimento	21
3.3.1. Preparación del terreno	21
3.3.2. Obtención y pregerminado de las semillas.	22
3.3.3. Aplicación del abono	22

3.3.4. Control de malezas, plagas y enfermedades	22
3.4. Variables a evaluar	23
3.4.1. Altura de tallo principal de plantas	23
3.4.2. Diámetro de tallo principal	23
3.4.3. Clorofila	23
3.4.4. Al final de experimento se determino	23
3.4.5. Análisis físico-químico del suelo.....	24
3.4.6. Análisis químico de frutos de ají	24
3.4.7. Análisis de rentabilidad (beneficio/costo)	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Crecimiento de plantas	26
4.1.1. Altura y diámetro de plantas de ají charapita	26
4.1.2. Evaluación de clorofila	31
4.2. Cosecha de frutos de ají charapita	34
4.2.1. Número de frutos	34
4.2.2. Peso de frutos.....	40
4.2.3. Rendimiento por hectárea	45
4.3. Características evaluadas	49
4.3.1. Longitud y volumen de raíces.....	49
4.3.2. Porcentaje de materia seca.....	54
4.4. Análisis químico	58
4.4.1. Suelo	58
4.4.2. Frutos de ají charapita.....	61
4.5. Análisis de rentabilidad	65
V. CONCLUSIONES	67
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	68
VII. REFERENCIAS.....	69
ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Rendimiento del ají charapita según distanciamiento.....	7
2. Análisis físico químico del suelo inicial	15
3. Perfil del suelo del campo experimental	17
4. Descripción de los tratamientos en estudio.....	18
5. Esquema del análisis de varianza.....	19
6. Cuadrado medio del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para altura y diámetro de plantas de ají charapita evaluado a los 60 días después del trasplante.....	26
7. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para altura y diámetro de plantas de ají charapita del factor principal fórmulas de abonamiento NPK evaluado a los 60 días después del trasplante	27
8. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para clorofila de plantas de ají charapita evaluado antes de la tercera cosecha.	32
9. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número total de frutos/planta de ají charapita en cinco cosechas.....	35
10. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el número total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita, considerando las fórmulas de abonamiento en cinco cosechas.....	36
11. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del peso total de frutos/planta de ají charapita en cinco cosechas.....	41
12. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el peso total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita, considerando las fórmulas de abonamiento en cinco cosechas.....	42
13. Análisis de Varianza ($\alpha = 0,05$) del rendimiento por hectárea en el cultivo de ají charapita durante las cinco cosechas.....	46
14. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento por hectárea en el cultivo de ají charapita, considerando los factores principales: densidad de siembra y fórmulas de abonamiento, a lo largo de cinco cosechas	46
15. Cuadrado medio del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para longitud y volumen de raíces del cultivo ají charapita.....	50
16. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para longitud y volumen de raíces del cultivo ají charapita del factor principal, fórmulas de abonamiento.....	51
17. Cuadrado medio del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para porcentaje de materia seca de plantas del cultivo ají charapita.....	55
18. Análisis químico final del suelo.....	59

19.	Análisis químico de la tercera cosecha de frutos de ají charapita.....	63
20.	Análisis de rentabilidad del cultivo de ají charapita en kg/ha.....	66
21.	Evaluación de altura de plantas (cm) a los 30 días después del trasplante a campo definitivo	79
22.	Evaluación de altura de plantas (cm) a los 60 días después del trasplante a campo definitivo	80
23.	Evaluación del diámetro de plantas (mm) a los 30 días después del trasplante a campo definitivo	81
24.	Evaluación del diámetro de plantas (mm) a los 60 días después del trasplante a campo definitivo	82
25.	Evaluación del número de frutos de la primera cosecha del cultivo de ají charapita .	83
26.	Evaluación del número de frutos de la segunda cosecha del cultivo de ají charapita.	84
27.	Evaluación del número de frutos de la tercera cosecha del cultivo de ají charapita...	85
28.	Evaluación del número de frutos de la cuarta cosecha del cultivo de ají charapita....	86
29.	Evaluación del número de frutos de la quinta cosecha del cultivo de ají charapita....	87
30.	Evaluación del peso de frutos de la primera cosecha del cultivo de ají charapita	88
31.	Evaluación del peso de frutos de la segunda cosecha del cultivo de ají charapita.....	89
32.	Evaluación del peso de frutos de la tercera cosecha del cultivo de ají charapita.....	90
33.	Evaluación del peso de frutos de la cuarta cosecha del cultivo de ají charapita.....	91
34.	Evaluación del peso de frutos de la quinta cosecha del cultivo de ají charapita.....	92
35.	Evaluación de la longitud y volumen de raíces del cultivo de ají charapita	93
36.	Evaluación peso fresco y seco de la parte aérea del cultivo de ají charapita.....	94
37.	Evaluación del peso fresco y seco de raíces del cultivo de ají charapita	95
38.	Cálculo de las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK por tratamiento.....	96
39.	Principales gastos de la producción del cultivo de ají charapita y análisis de rentabilidad.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Imagen satelital de la ubicación del campo experimental (Google Earth Pro, 2024).....	14
2. Perfil de la calicata del campo experimental.....	16
3. Croquis del campo experimental	20
4. Croquis de las unidades experimentales: a. Densidad de siembra 0,50 x 0,50 m, b. Densidad de siembra 0,60 x 0,60 m y c. Densidad de siembra 0,70 x 0,70 m	21
5. Altura de plantas de ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad, evaluado a los 60 días después del trasplante.....	28
6. Diámetro de plantas de ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad, evaluado a los 60 días después del trasplante.....	30
7. Clorofila de plantas de ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad, evaluado antes de la tercera cosecha.....	32
8. Distribución del número de frutos/planta de ají charapita en cinco cosechas.....	35
9. Producción total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita a lo largo de cinco cosechas	38
10. Distribución del peso de frutos/planta de ají charapita en cinco cosechas.....	40
11. Peso total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita a lo largo de cinco cosechas	43
12. Rendimiento por hectárea del cultivo de ají charapita a lo largo de cinco cosechas	48
13. Longitud de raíces del cultivo ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad	53
14. Volumen de raíces del cultivo ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad	54
15. Porcentaje de materia seca de hojas y tallos del cultivo ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad	56
16. Porcentaje de materia seca de raíces del cultivo ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad	57

17.	Almacigo y trasplante de ají charapita: a. Cama almaciguera, b. Tapado de las semillas para su germinación, c. Plantines de ají y d. Trasplante de plantines a bolsas	98
18.	Instalación y siembra: a. Identificación de bloques y tratamientos según las densidades, b. Elaboración de hoyos, c. Trasplante, d. Planta instalada y e. Instalación del experimento	99
19.	Abonamiento: a. Peso de urea, b. Peso de potasio, c. Peso de fósforo, d. Mezcla de fertilizantes, e. Primera aplicación de fertilizante y f. Segunda aplicación de fertilizante	100
20.	Evaluación de altura y diámetro de plantas del cultivo de ají charapita	101
21.	Cosecha de ají charapita.....	101
22.	Evaluación de clorofila.....	102
23.	Tercera cosecha de los tratamientos T ₁ , T ₂ y T ₃	102
24.	Tercera cosecha de los tratamientos T ₄ , T ₅ y T ₆	103
25.	Tercera cosecha de los tratamientos T ₇ , T ₈ y T ₉	103
26.	Evaluación final de plantas: a. Longitud de raíces, b. Volumen de raíces, c. Peso fresco y d. Peso seco.....	104
27.	Visita del jurado, Dr. Hugo Alfredo Huamani Yupanqui (14/07/2023)	105
28.	Visita del jurado, Dr. José Wilfredo Zavala Solorzano (25/07/2023).....	105
29.	Análisis inicial del suelo.....	106
30.	Análisis de suelo al final del experimento.....	107
31.	Análisis especial de los frutos de ají charapita	108

RESUMEN

El objetivo central de esta tesis consiste en identificar la densidad óptima de siembra y la fórmula de abonamiento NPK más eficaz para mejorar el rendimiento del *Capsicum frutescens* (ají charapita). La investigación se llevó a cabo en el centro poblado de Chunatahua, situado en el distrito de Mariano Dámaso Beraun (Las Palmas), provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco. En este estudio, se evaluaron tres densidades de siembra (a_1 : 0,50x0,50 m = 40 000 plantas/ha; a_2 : 0,60x0,60 m = 27 777 plantas/ha; a_3 : 0,70x0,70 m = 20 408 plantas/ha) y tres fórmulas de abonamiento (NPK) (b_1 : 40-7,5-40, b_2 : 80-15-80, b_3 : 160-30-160). Los resultados muestran que la combinación de densidades de siembra y formulaciones de abonamiento de NPK tuvo un impacto significativo en el crecimiento y rendimiento del ají charapita, las plantas alcanzaron mayor altura cuando se sembraron a menor densidad y se utilizaron formulaciones de abonamiento de NPK menos concentradas, mientras que el diámetro de las plantas aumentó con formulaciones más concentradas en todas las densidades de siembra, además, se registró una mayor concentración de clorofila en la densidad de siembra más alta al usar la formulación de abonamiento de NPK más concentrada, también, la aplicación de formulaciones de abonamiento de NPK más concentradas resultó en un pH más bajo del suelo y un aumento en el contenido de nutrientes y minerales en el suelo y los frutos del ají. Finalmente, se determinó que las formulaciones de abonamiento de NPK más concentradas generaron un mayor costo beneficio en todas las densidades de siembra, destacando su potencial para mejorar la rentabilidad en la producción de ají charapita.

Palabra clave: Análisis químico de frutos de ají, análisis químico de suelo, crecimiento de plantas, número de frutos de ají, peso de frutos de ají.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to identify the optimal planting density and the most effective NPK fertilization formula to improve the yield of *Capsicum frutescens* (aji charapita). The research was conducted in the populated center of Chunatahua, located in the Mariano Dámaso Beraun district (Las Palmas), Leoncio Prado province, Huánuco region. In this study, three planting densities were evaluated (a_1 : 0,50x0,50 m = 40 000 plants/ha; a_2 : 0,60x0,60 m = 27 777 plants/ha; a_3 : 0,70x0,70 m = 20 408 plants/ha) and three NPK fertilization formulas (b_1 : 40-7,5-40, b_2 : 80-15-80, b_3 : 160-30-160). The results show that the combination of planting densities and NPK fertilization formulas had a significant impact on the growth and yield of aji charapita. Plants reached greater height when planted at lower density and with less concentrated NPK fertilization formulas, while plant diameter increased with more concentrated formulas across all planting densities. Additionally, a higher chlorophyll concentration was recorded at the highest planting density when using the most concentrated NPK fertilization formula. Moreover, the application of more concentrated NPK fertilization formulas resulted in a lower soil pH and an increase in nutrient and mineral content in both soil and aji fruits. Finally, it was determined that more concentrated NPK fertilization formulas generated a higher cost benefit across all planting densities, highlighting their potential to improve profitability in aji charapita production

Keyword: Chemical analysis of chili fruits, soil chemical analysis, plant growth, number of chili fruits, chili fruit weight

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de ají charapita ha ganado popularidad entre los agricultores del distrito de Mariano Dámaso Beraun (Las Palmas). Sin embargo, en el centro poblado de Chunatahua, conocido por sus suelos poco fértiles, existe una falta de orientación técnica clara para su cultivo adecuado, actualmente, los agricultores tienden a prescindir de la fertilización de sus cosechas, confiando en el crecimiento natural de las plantas, lo que resulta en bajos rendimientos, la aplicación de fertilizantes químicos en el suelo tiene el potencial de aumentar significativamente la producción de manera más rápida y mejorar la calidad del cultivo. Además, los bajos rendimientos se relacionan con la falta de conocimiento sobre la densidad de siembra adecuada, que podría incrementar tanto el rendimiento como la calidad del cultivo.

Para abordar este desafío, es crucial simplificar el proceso de aplicación de fertilizantes y establecer la densidad de siembra adecuada, ya que la mayoría de los agricultores no realizan análisis de suelo y no tienen en cuenta la densidad de siembra debido a la falta de conocimiento, una solución práctica podría ser proporcionar un paquete integral que no solo mejore los rendimientos, sino también los ingresos de los agricultores

Se presenta como una valiosa oportunidad para impulsar el progreso económico y social de los productores, se destaca la importancia de analizar los componentes esenciales NPK en el rendimiento de este cultivo, ya que desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas al proporcionar los nutrientes necesarios; la densidad de siembra también es un factor significativo, que afecta la circulación adecuada de aire, la competencia por recursos como agua, luz y nutrientes, así como la presencia de malezas, y, en última instancia, el crecimiento y la productividad del cultivo, por lo tanto, esta investigación se centra en abordar el desafío de los bajos rendimientos en el cultivo de ají charapita mediante la aplicación de fórmulas de abonamiento NPK y la optimización de la densidad de siembra, con el objetivo de obtener resultados mejorados.

De esta premisa surge la relevancia de investigar el impacto de tres fórmulas de fertilización NPK (baja, media y alta) en tres densidades de siembra en el cultivo de ají charapita; nuestra hipótesis nula postula que las fórmulas de abonamiento de fertilizantes y las densidades de siembra generan el mismo efecto en el rendimiento de ají charapita, mientras que la hipótesis alternativa sostiene que, desde una perspectiva estadística, una fórmula de abonamiento de fertilizante y una densidad de siembra provocan respuestas distintas en el cultivo de ají charapita. Con este propósito, hemos formulado los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la mejor densidad de siembra y fórmulas de abonamiento (NPK) en el rendimiento de ají *Capsicum frutescens* (charapita), en un suelo residual.

Objetivos específicos

1. Determinar la mejor densidad de siembra y fórmulas de abonamiento NPK altura, diámetro de tallo y clorofila de plantas de ají charapita.
2. Determinar la mejor densidad de siembra y fórmulas de abonamiento NPK en el rendimiento (número y peso de frutos) del ají charapita.
3. Determinar la mejor densidad de siembra y fórmulas de abonamiento NPK en las características longitud y volumen de raíces, además del porcentaje de materia seca de plantas del ají charapita
4. Determinar la mejor interacción entre densidades de siembra y fórmulas de abonamiento NPK en las propiedades químicas de suelo y frutos de aji charapita
5. Realizar el análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ají charapita (*Capsicum frutescens* L)

El ají "Charapita," un tesoro culinario con raíces en la cocina amazónica, ha sido testigo de un marcado incremento en su demanda durante la última década gracias al auge de la gastronomía. Este fenómeno ha generado la urgente necesidad de concebir tecnologías que permitan su preservación de una manera respetuosa con el medio ambiente, evitando prácticas dañinas para el entorno (Vegas et al., 2016). El ají Charapita, también apodado Charapón, es reconocido en el ámbito de la gastronomía amazónica por su inconfundible sabor, su picante distintivo y su embriagador aroma. En una época en la que los consumidores están optando por sabores auténticos y rechazando los sabores artificiales, el ají Charapita se alza como una joya gastronómica con un potencial incalculable (Riva, 2019).

El desempeño y rendimiento de las plantas cultivadas puede ser meticulosamente evaluado mediante el uso de índices de crecimiento, los cuales ofrecen una ventana a la eficacia con que las plantas aprovechan los factores ambientales de su entorno, así como cómo distribuyen los nutrientes que absorben (Hernández et al., 2015). No obstante, es esencial recalcar que diferentes estrategias de manejo a lo largo del ciclo de vida de un cultivo pueden ejercer un impacto profundo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. En ocasiones, como en el caso del cultivo de pimentón, las variaciones pueden ser atribuibles a diferencias genéticas entre los distintos genotipos o incluso pueden ser influenciadas por factores externos como la distancia de siembra entre las plantas (Paredes, 2017). Comprender a fondo estos factores resulta fundamental para optimizar tanto la producción como la calidad de cultivos tan excepcionales como el ají Charapita.

2.1.1. Labores culturales del cultivo de ají charapita

La obtención de semillas de ají "Charapita" es un proceso crítico en la producción de este cultivo, para ello, se procede a seleccionar las plantas que exhiben características agronómicas óptimas, priorizando frutos maduros, saludables, uniformes y libres de daños físicos, una vez seleccionados, los frutos son sumergidos en agua para facilitar la extracción manual de las semillas, y posteriormente se someten a un proceso de secado bajo sombra (Arévalo, 2012)

Las labores más importantes incluyen la preparación de las camas de almácigo, el riego antes y después de la siembra, el tratamiento de las semillas, el trasplante al campo definitivo y el manejo de malezas, plagas y enfermedades, en el vivero, se eliminan manualmente las malezas, y en el campo se utilizan métodos diversos para controlarlas, el

control de plagas y enfermedades se realiza con productos químicos específicos aplicados a intervalos regulares para proteger la salud de las plántulas (Arévalo, 2012; Riva, 2019).

La fertilización es un componente crucial para el cultivo exitoso del ají Charapita. Para obtener rendimientos óptimos y mantener los costos bajos, es fundamental suministrar los nutrientes necesarios, la cantidad de fertilizantes requeridos se determina mediante análisis de suelo y el potencial de rendimiento del cultivo, el fósforo y el nitrógeno son elementos esenciales; se recomienda una fertilización de alrededor de 150 kg de nitrógeno y 200 kg de fósforo por hectárea para garantizar un desarrollo adecuado del cultivo (Vela, 2013; Romero, 2017).

2.1.2. Fenología del ají charapita

Según Riva (2019) el *C. frutescens* L. tiene la siguiente fenología:

- Siembra al germinador : 0 días
- Germinación y emergencia : 4 a 12 días
- Crecimiento de las plantas : 13 a 31 días
- Repique de plantas : 32 días
- Crecimiento vegetativo : 33 a 72 días
- Trasplante campo definitivo : 73 días
- Crecimiento y desarrollo : 74 a 104 días
- Floración : 105 días
- Fructificación y maduración : 106 a 150 días

2.1.3. Factores edafoclimáticos

La siembra del ají Charapita abarca un extenso rango altitudinal, desde el nivel del mar hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar, la selección del nivel de siembra se encuentra estrechamente ligada a la especie específica de ají Charapita que se cultiva (Arévalo, 2014), la notoria adaptabilidad de este cultivo se manifiesta en su capacidad para prosperar en diversas temperaturas, variando entre 18 y 30°C (Córdova, 2016), la versatilidad del ají Charapita le permite adaptarse a diversas condiciones climáticas, esta adaptabilidad térmica brinda flexibilidad a los productores para cultivarlo en diferentes ubicaciones geográficas, se recomienda seleccionar suelos livianos con buena textura y drenaje, especialmente antes de sembrar en suelos arcillosos como Ultisols e Inceptisols, para prevenir enfermedades en las raíces (Mozombite, 2012).

2.1.4. Rendimiento del ají charapita

Los rendimientos del ají Charapita en terrazas elevadas y suelos residual es pueden variar considerablemente, el cultivo de ajíes en el Perú, el rendimiento por

hectárea está sujeto a una serie de variables que abarcan la variedad de ají utilizada, las condiciones agroproductivas específicas y el enfoque de producción, ya sea a pequeña o gran escala (Riva, 2019). Además, es importante considerar el agroecosistema en el que se cultiva el ají Charapita. En promedio, se obtienen alrededor de 0,7 toneladas por hectárea en áreas de secano a gran altitud, 1 tonelada por hectárea en zonas elevadas con riego, y 1,4 toneladas por hectárea en áreas de restinga (Saavedra, 2011).

Si bien es cierto que los rendimientos por planta del ají Charapita tienden a ser más altos en suelos residual es, es esencial considerar una serie de factores adicionales que impactan en la viabilidad económica y la sostenibilidad de su cultivo, en los suelos residual es, donde la fertilidad suele ser más elevada, las plantas de ají Charapita frecuentemente producen una mayor cantidad de frutos por planta, lo que resulta en un rendimiento superior por unidad de superficie; no obstante, es crucial tener en cuenta los desafíos inherentes asociados con la explotación en suelos residual es (Panduro, 2021), en suelos residual es, la disponibilidad de tierras para la explotación de ají Charapita tiende a ser limitada debido a las dimensiones reducidas de las áreas de cultivo, que a menudo oscilan alrededor de 450 metros cuadrados por agricultor, además, se trata de un cultivo de temporada, ya que estos suelos son propensos a inundaciones durante un período que abarca de 3 a 5 meses al año, esto tiene un impacto significativo en los costos de inversión, ya que se requiere preparar el campo y sembrar nuevamente cada año, la inversión de tiempo y recursos en la preparación y el mantenimiento anual del cultivo puede resultar en una gestión más laboriosa y costosa para los agricultores (Riva, 2019), la elección entre suelos residual es y terrazas altas para el cultivo de ají Charapita conlleva consideraciones importantes, aunque los rendimientos por planta suelen ser más altos en suelos residual es, la gestión y los costos anuales pueden ser más onerosos debido a la limitada superficie de cultivo y la naturaleza temporal del cultivo, en contraste, en suelos de terraza alta, aunque los rendimientos individuales pueden ser ligeramente inferiores, el mayor espacio de cultivo y la duración semipermanente de la producción pueden contribuir a una explotación más rentable y sostenible a largo plazo (Luna, 2014).

2.2. Densidad de siembra

La densidad de siembra, que se refiere al número de plantas sembradas por unidad de área, es un factor crucial que afecta directamente la producción agrícola, por otro lado, la densidad de plantación se relaciona con el espacio entre las plantas al trasplantarlas en un área determinada, estudiar la densidad de siembra implica analizar la competencia entre las

plantas del mismo cultivo, lo que permite comprender cómo el crecimiento de las plantas se ve afectado por la disponibilidad de factores esenciales, esta competencia puede ser el resultado de la limitación de uno o más factores, lo que dificulta determinar cuál ejerce una influencia predominante, este concepto es fundamental para definir la disposición espacial de las plantas en un cultivo (Claudio y Rivera, 2022).

La densidad poblacional emerge como un factor crítico que influye en diversas características fenotípicas de las plantas, estableciendo una estrecha relación con la disponibilidad de agua, nutrientes y la capacidad de captación de radiación solar, en el ámbito de la agronomía, la densidad de siembra se destaca como una práctica de gestión que ejerce un impacto significativo en las características fenotípicas, al regular el acceso de la planta a recursos esenciales, este factor puede tener un efecto substancial en la captura y eficiencia en la utilización de la radiación solar, agua y nutrientes por parte de las plantas (Quintero y Barraza, 2009).

Cuando las plantas se ven sometidas a densidades de siembra elevadas, manifiestan respuestas específicas, tales como un incremento en la altura y en la longitud de los entrenudos, así como una disminución en el número de ramas, nudos, hojas, flores y frutos, para determinar la densidad de siembra óptima en un cultivo, es necesario considerar varios factores cruciales, como la duración del período de crecimiento, las características inherentes de la planta, la disponibilidad de recursos para su desarrollo y la disposición espacial de las plantas (Arcila, 2015).

La densidad de siembra es un factor crítico en el cultivo del ají, incluyendo variedades como el ají Charapita, se refiere a la cantidad de plantas de ají establecidas en una unidad de superficie de terreno, y su papel en la producción y rendimiento del cultivo es de suma importancia (Smith, 2020), la elección de la densidad de siembra adecuada permite un aprovechamiento eficiente del espacio disponible en el campo, cuando se descuida el espaciado entre las plantas, ya sea por exceso o por defecto, se pueden generar problemas de subutilización o sobreutilización del terreno, lo que, a su vez, afecta negativamente la productividad del cultivo y la calidad de los frutos (Brown, 2018).

Es importante destacar que la densidad de siembra tiene un impacto directo en el rendimiento del cultivo de ají Charapita, cuando la densidad es inadecuada, es decir, demasiado baja, puede resultar en un número insuficiente de plantas por unidad de superficie, lo que se traduce en una producción más reducida de frutos, por otro lado, una densidad óptima está diseñada para maximizar el rendimiento por hectárea, lo que es fundamental para lograr una producción eficaz y rentable (Jones, 2019).

La competencia intraespecífica, que es la competencia entre las plantas de la misma especie por los recursos esenciales, como la luz solar, el agua y los nutrientes, es una realidad para el cultivo de ají Charapita, al igual que para otras variedades de ají, la densidad de siembra adecuada juega un papel vital en la regulación de esta competencia, lo que, a su vez, optimiza el crecimiento de las plantas y su capacidad para capturar y utilizar eficazmente estos recursos (García et al., 2021).

La calidad de los frutos de ají Charapita también se ve influenciada por la densidad de siembra, un espaciado óptimo entre las plantas garantiza una exposición adecuada a la luz solar, lo que favorece el desarrollo de frutos más uniformes, de mayor tamaño y calidad superior (Martínez, 2017), además, la densidad de siembra tiene implicaciones en la ventilación y el acceso a las plantas, lo que puede incidir en la prevalencia de plagas y enfermedades, un espaciado inadecuado aumenta el riesgo de problemas fitosanitarios, lo que puede requerir medidas adicionales de manejo (Sánchez y Pérez, 2020).

Finalmente, la densidad de siembra también está vinculada a los requerimientos de recursos, como el agua y los nutrientes, una densidad inadecuada puede generar una competencia excesiva entre las plantas por estos recursos, lo que podría perjudicar el desarrollo óptimo de las plantas (White, 2018), la densidad de siembra en el cultivo de ají Charapita es un factor crítico que ejerce un impacto directo en la producción, calidad y salud de las plantas, la elección de la densidad de siembra óptima requiere una cuidadosa consideración de factores como el tipo de suelo, la variedad de ají y las prácticas agronómicas específicas. Este factor es esencial para el éxito general del cultivo (Black, 2019).

Tabla 1. Rendimiento del ají charapita según distanciamiento.

Predios	Zona	Densidad de siembra	Número de plantas/ha	Rendimiento	
				Por planta (g)	Por ha (kg)
Caserío El Pimental	Terraza Alta	0,80 m x 0,80 m	15 625,00	500,00	7 812,50
Caserío Agua Dulce	Terraza Alta	1,50 m x 2,00 m	3 333,33	500,00	1 666,67
Fundo UNU Pucallpa	Terraza Alta	0,80 m x 0,80 m	15 625,00	489,67	7 651,17
Fundo UNU Pucallpa	Terraza Alta	2,00 m x 1,00 m	5 000,00	736,76	3 683,80
Caserío José Olaya	Suelo Residual	1,00 m x 1,00 m	10 000,00	1 200,00	12 000,00

2.3. Elementos esenciales en las plantas

Los elementos esenciales en la nutrición de las plantas son fundamentales para su desarrollo y vitalidad, lo que les permite cumplir su ciclo de vida de manera óptima, identificar estos elementos se basa en criterios clave que determinan su relevancia en la dieta

vegetal (Alcázar et al., 2007). En primer lugar, un elemento se considera esencial cuando los síntomas de deficiencia en una planta solo pueden corregirse mediante su suministro específico, esto implica que ningún otro nutriente puede reemplazarlo por completo, siendo indispensable para el crecimiento y desarrollo saludable de la planta (Marschner, 2011). En segundo lugar, la importancia de un elemento esencial radica en su capacidad para mantener el crecimiento y la supervivencia de la planta, la ausencia total de un elemento esencial conduce a interrupciones en su desarrollo y, a largo plazo, a su muerte, los síntomas de deficiencia, como la clorosis (amarillamiento de las hojas), la necrosis (muerte del tejido) y malformaciones, señalan un estado de debilidad en la planta, resaltando la crítica importancia de estos elementos (Taiz y Zeiger, 2015). Los elementos esenciales son indispensables para el crecimiento y la salud de las plantas, su suministro adecuado es crucial en la agricultura y la horticultura, garantizando que las plantas obtengan los nutrientes necesarios para prosperar y completar su ciclo de vida con éxito (Epstein y Bloom, 2005).

2.3.1. Nitrógeno.

Es un nutriente esencial en la nutrición de las plantas, y su movilidad dentro de la planta le permite desplazarse desde los tejidos maduros hacia los tejidos jóvenes. Este proceso desempeña un papel fundamental en el estímulo del crecimiento de la planta, especialmente durante las etapas iniciales de su crecimiento vegetativo, además, el nitrógeno contribuye significativamente a la intensidad del color de las plantas y favorece la expansión del área foliar, prolongando la vida útil de las hojas en el tiempo (Pérez et al., 2008). La importancia del nitrógeno en la nutrición de las plantas radica en su capacidad para favorecer un crecimiento vigoroso y saludable, el suministro adecuado de nitrógeno en las etapas iniciales de crecimiento vegetativo es crucial para estimular un desarrollo óptimo y garantizar un follaje denso y vigoroso, esto se traduce en un aspecto generalmente verde y frondoso de la planta, lo que tiene un impacto directo en su productividad (Brown, 2018).

Sin embargo, la deficiencia de nitrógeno puede manifestarse en las plantas a través de síntomas como el amarillamiento de las hojas adultas, un crecimiento más lento y un desarrollo deficiente de la planta, además, la falta de nitrógeno puede resultar en una disminución en la formación de flores y frutos, lo que, en última instancia, conduce a un rendimiento reducido en términos de materia seca (Pérez et al., 2008). Es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, especialmente en las etapas iniciales de crecimiento vegetativo, donde su suministro óptimo estimula un crecimiento vigoroso y una apariencia saludable de la planta, la deficiencia de nitrógeno puede tener efectos perjudiciales en el

rendimiento y la calidad de las plantas, lo que destaca la importancia de garantizar una adecuada disponibilidad de este nutriente (Smith, 2020).

El N es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas de ají, especialmente en las etapas iniciales de crecimiento vegetativo, al ser un componente estructural de las proteínas y ácidos nucleicos, el nitrógeno es necesario para la formación de nuevas células y tejidos, lo que permite que la planta crezca de manera efectiva (Marschner, 2011). Contribuye a la coloración intensa de las plantas, las hojas de las plantas de ají que reciben suficiente nitrógeno tienden a ser de un verde vibrante, lo que refleja su salud y vitalidad (Pérez et al., 2008). El suministro adecuado de nitrógeno puede fomentar la expansión de las hojas y aumentar el índice de área foliar, lo que permite a la planta captar más luz solar, esencial para la fotosíntesis y la producción de carbohidratos y energía (Hawkesford, 2012). Además, influye significativamente en la floración de las plantas de ají. Un suministro adecuado de nitrógeno favorece una floración temprana y abundante, lo que puede aumentar la producción de frutos (Marschner, 2011). Por el contrario, la deficiencia de nitrógeno puede manifestarse con síntomas como el amarillamiento de las hojas (clorosis) y un crecimiento y desarrollo deficientes. Por lo tanto, es esencial garantizar un suministro adecuado de nitrógeno a las plantas de ají para promover un crecimiento saludable y una producción óptima (Smith, 2019).

2.3.2. Fósforo.

Es esencial para las plantas, cumple varios roles críticos en su desarrollo. Actúa como componente estructural clave en ácidos nucleicos y fosfolípidos, esencial para las membranas celulares, estimula el crecimiento de raíces, aumenta el área foliar y promueve la floración, acelerando la maduración, además, desempeña un papel vital en el almacenamiento y transferencia de energía, incluyendo la producción de ATP, la falta de fósforo puede provocar un crecimiento deficiente y lento, así como la acumulación de azúcares, resultando en coloración morada en algunas plantas debido a un aumento de antocianinas (Marschner, 2011).

El fósforo, un macronutriente esencial en la nutrición vegetal, juega un papel crítico en el desarrollo y funcionamiento de las plantas, contribuye a la estructura de ácidos nucleicos y fosfolípidos, componentes clave de las membranas celulares, es vital para el ADN y ARN, y esencial en las membranas celulares y orgánulos como los cloroplastos, donde ocurre la fotosíntesis (Hänsch et al., 2016).

El fósforo juega un papel crucial en la nutrición de las plantas, ya que cumple múltiples funciones vitales en su desarrollo y funcionamiento, una de sus

contribuciones fundamentales es su participación en la estructura de ácidos nucleicos y fosfolípidos, componentes esenciales de las membranas celulares y las membranas internas de los orgánulos celulares, esto asegura la integridad y funcionalidad de las células vegetales, permitiendo que las membranas que rodean y separan las diferentes partes de la célula funcionen correctamente (Fernández, 2007)

Dado el papel multifacético del fósforo en la vida de las plantas, es fundamental asegurar un suministro adecuado de este nutriente en su dieta. De esta manera, se promoverá un crecimiento y desarrollo óptimos, lo que resultará en plantas más saludables y productivas. La importancia del fósforo en la nutrición de las plantas destaca la necesidad de comprender y gestionar adecuadamente este elemento para garantizar el bienestar de los cultivos y la producción agrícola (Hänsch et al., 2016).

Es un componente clave de los ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN, que son las moléculas responsables de almacenar y transmitir la información genética en las plantas (Marschner, 2011). Además, forma parte de los fosfolípidos, que son componentes esenciales de las membranas celulares y de las estructuras de membranas internas, como las membranas de los tilacoides en los cloroplastos, donde ocurre la fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2010), desempeña un papel esencial en el desarrollo de un sistema de raíces saludable, promoviendo la formación de raíces fuertes y el crecimiento de pelos radiculares, facilitando así la absorción de agua y nutrientes (Vance et al., 2003). Además, contribuye significativamente al crecimiento vegetal y la floración anticipada. Un adecuado suministro de fósforo puede conducir a un crecimiento vigoroso y una floración temprana, aumentando potencialmente la producción de frutos (López-Arredondo et al., 2013). Asimismo, es vital para la síntesis y almacenamiento de energía en forma de ATP (adenosín trifosfato) y otras nucleoproteínas, siendo esta energía crucial para múltiples actividades metabólicas de las plantas (Lambers et al., 2008).

2.3.3. Potasio.

El potasio, siendo un macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, desempeña un papel crucial en diversas funciones fisiológicas, una de sus funciones principales es regular la apertura y cierre de los estomas, lo que controla la pérdida de agua por transpiración, además, aumenta el potencial osmótico en las células foliares, lo que facilita la regulación del movimiento de agua y nutrientes, y participa en el transporte de carbohidratos y la síntesis de proteínas, influyendo así en el crecimiento general de la planta (Maathuis, 2009). El potasio también es vital para mantener la homeostasis iónica en las plantas, equilibrando las cargas de los aniones y

facilitando la absorción y transporte de nutrientes, regula la apertura y cierre de los canales iónicos en las membranas celulares, lo que afecta el flujo de otros nutrientes como el calcio y el magnesio (Hafsi et al., 2014). La deficiencia de potasio puede tener consecuencias significativas en la salud y desarrollo de las plantas, los síntomas más evidentes incluyen clorosis, manifestada por un amarillamiento generalizado de las hojas, especialmente notable en las hojas inferiores y medias, además, las hojas pueden presentar quemaduras marginales, indicativas de la muerte y secado de los bordes foliares, lo que compromete la fotosíntesis y la absorción de nutrientes (Fageria et al., 2013).

Un síntoma adicional de la deficiencia de potasio es la defoliación, que se refiere a la pérdida prematura de las hojas de la planta. Cuando la deficiencia de potasio es grave, las hojas pueden volverse amarillo-marrones antes de caer, lo que afecta la capacidad de la planta para llevar a cabo la fotosíntesis y completar su ciclo de vida de manera efectiva. Esta pérdida prematura de hojas puede dar lugar a una planta menos vigorosa y, en última instancia, a una reducción en el rendimiento del cultivo (Marschner, 2011).

La importancia de mantener niveles adecuados de potasio en las plantas es fundamental para asegurar su crecimiento y desarrollo óptimos, así como su capacidad para llevar a cabo procesos vitales como la fotosíntesis y la absorción de nutrientes. La detección temprana y la corrección de la deficiencia de potasio son esenciales para garantizar un cultivo saludable y productivo (Kochian et al., 2015).

El potasio regula el equilibrio hídrico en las plantas al influir en la apertura y cierre de las estomas. Las estomas son pequeños poros en las hojas que controlan la pérdida de agua y la absorción de dióxido de carbono. Un suministro adecuado de potasio permite un cierre estomático controlado, lo que reduce la pérdida de agua por transpiración y evita el marchitamiento de la planta en condiciones de estrés hídrico (Marschner, 2011). Es un catión que equilibra las cargas negativas de los aniones en las células de las plantas. Este equilibrio es esencial para mantener la neutralidad eléctrica y facilita la toma y el transporte de nutrientes aniónicos, como el nitrato y el fosfato, a través de la planta (Hafsi et al., 2017). Juega un papel crucial en la calidad de los frutos al contribuir al desarrollo apropiado en tamaño y forma, así como a la acumulación de azúcares y otros compuestos que influyen en el sabor y la calidad de los ajés (Zörb et al., 2014).

Un suministro adecuado de potasio ayuda a prevenir la defoliación prematura, que es la caída temprana de las hojas. Esto es importante para mantener la capacidad fotosintética de las plantas y, por lo tanto, su producción de energía y rendimiento (Taiz y Zeiger, 2010). También mejora la resistencia de las plantas al estrés, incluyendo el

estrés abiótico como la salinidad y el estrés biótico debido a plagas y enfermedades (Hafsi et al., 2017). La insuficiencia de potasio en el cultivo de ají puede desencadenar una serie de inconvenientes, como una mayor vulnerabilidad al estrés hídrico, la reducción tanto en la calidad como en la cantidad de frutos, y un incremento en la incidencia de plagas y enfermedades, resulta esencial garantizar un suministro adecuado de potasio en el cultivo de ají para maximizar tanto el rendimiento como la calidad de la cosecha (Shahuano, 2013).

2.4. Estudios similares

En Pucallpa, Perú, se realizó un estudio sobre el rendimiento de cinco densidades de siembra de *Capsicum frutescens* L. (Ají charapita) en un suelo tipo ultisols. Se llevaron a cabo cinco tratamientos con cinco repeticiones, sumando 25 unidades experimentales. Los tratamientos variaron en la distancia entre plantas, lo que afectó la densidad de plantas por hectárea. Los resultados mostraron que la densidad de siembra de 0,8m x 0,8m (T₁) produjo un rendimiento de frutos por hectárea significativamente superior, alcanzando 7651,17 kg/ha en comparación con otras densidades de siembra. Las variables como altura de planta, diámetro de tallo, diámetro de copa, número de ramas, rendimiento por planta, diámetro y longitud de fruto no mostraron diferencias significativas en los ocho meses del cultivo. Además, el análisis económico reveló que la densidad de siembra de 0,8m x 0,8m (T₁) fue la más rentable con una Relación Beneficio/Costo de S/. 2,63, superando a las otras densidades de siembra que tuvieron valores de S/. 2,15, 1,96, 1,85 y 1,66, respectivamente (Mogrovejo, 2012).

En Pucallpa, Perú, se realizó un estudio sobre el desarrollo, producción y composición de capsaicina en el ají charapita (*Capsicum frutescens*) bajo diferentes niveles de nitrógeno en una solución nutritiva. Se estableció un grupo control que recibió todos los nutrientes esenciales en niveles y tiempos adecuados, según la fórmula de Hoagland y Arnon, y se comparó con tratamientos que tenían un aumento de nitrógeno, incluyendo un exceso de este nutriente. Se observaron diferencias significativas entre el grupo control (T₁) y el grupo con mayor nitrógeno (T₂, T₃, T₄). El contenido de capsaicina en el ají charapita disminuyó con el aumento de nitrógeno, aunque hubo un incremento en el T₄. Además, se encontró que cualquier alteración en los niveles de nutrientes, ya sea por exceso o restricción, condujo a aumentos en los niveles de dihidrocapsaicina en el cultivo del ají charapita (Pinedo, 2018).

En Pucallpa, Perú, se llevó a cabo un estudio titulado "Aplicación de tres niveles de gallinaza y tres niveles de aserrín descompuesto en el rendimiento del ají charapita (*Capsicum chinense*)". Este estudio examinó los efectos de la aplicación de diferentes

cantidades de gallinaza (0, 1 y 2 kg/planta) y aserrín descompuesto (0, 1 y 2 kg/planta) en el cultivo de ají charapita. Se encontró que, en términos de desarrollo vegetativo, como la altura de la planta y el diámetro de la copa, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de 1 y 2 kg de gallinaza/planta. En cuanto al peso del fruto y el rendimiento por hectárea, los mejores resultados se observaron con la aplicación de 2 kg de gallinaza/planta (López, 2013).

En un estudio realizado en Tarapoto, Perú, se analizó el "Efecto de cuatro fórmulas de abonamiento de materia orgánica (pollinaza) en el ecotipo de ají charapita (*Capsicum chinensis* L.)". Se examinaron cuatro tratamientos diferentes con fórmulas de abonamiento crecientes de pollinaza: T₁ (10 t/ha), T₂ (20 t/ha), T₃ (30 t/ha) y T₄ (40 t/ha). Se evaluaron varias variables, incluyendo la altura de la planta, el número de frutos por planta, el diámetro y la longitud del fruto, el peso del fruto por planta y por tratamiento, y el rendimiento de la producción por hectárea. Los resultados destacaron que el tratamiento T₄ (40 t/ha) mostró la mayor relación Beneficio/Costo (B/C), rentabilidad y beneficio neto, con valores de 0,51, 51,32 %, y S/. 6 322,00 nuevos soles. Le siguieron los tratamientos T₃ (30 t/ha), T₂ (20 t/ha), T₁ (10 t/ha) y T₀ (testigo), con valores de B/C de 0,40; 0,29; 0,28 y 0,05, y beneficios netos de S/. 4 354,57, S/. 2 792,11, S/. 2 500,77 y S/. 411,46 soles, respectivamente (Arce, 2017).

En un estudio realizado en Palmira, Colombia, se investigó la "Influencia de la aplicación de Silicio en el cultivo de ají tipo tabasco (*Capsicum frutescens* L.)". Se utilizaron cuatro niveles diferentes de silicio: alto (3 L/ha), comercial (2,25 L/ha), medio (1,50 L/ha) y bajo (0,75 L/ha). Los resultados mostraron que el nivel de silicio alto tuvo un impacto positivo en diversos aspectos del cultivo, como la altura de las plantas, la producción de materia seca en raíces, tallos, hojas, flores y frutos, el índice de área foliar, el peso promedio de los frutos, el diámetro ecuatorial de los mismos, la concentración de sólidos solubles totales y el rendimiento general (Legarda, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Este estudio fue llevado a cabo en el caserío de Chunatahua, centro poblado Cayumba Grande, situado en el distrito de Mariano Dámaso Beraun, específicamente en Las Palmas, que forma parte de la provincia de Leoncio Prado en la región de Huánuco, las coordenadas UTM son 397579 m E y 8951180 m N, con una altitud de 825 metros sobre el nivel del mar.

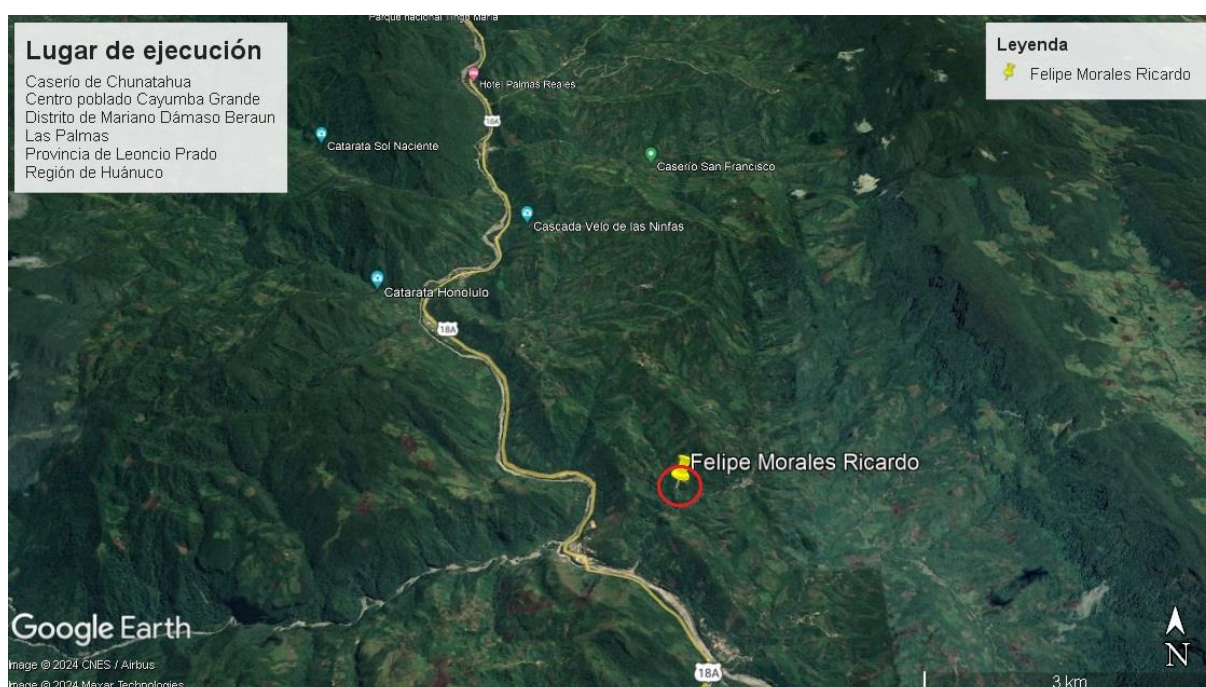


Figura 1. Imagen satelital de la ubicación del campo experimental (Google Earth Pro, 2024)

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales

Durante el desarrollo de la investigación, se emplearon diversos materiales y herramientas esenciales para el cultivo, que abarcaban desde abonos NPK (Urea, fosfato diámonico y cloruro de potasio), semillas de ají charapita, asimismo, se recurrió a herramientas agrícolas tradicionales como machetes y azadones para la preparación del suelo, y a jalones y winchas para las mediciones de bloques y tratamientos, asimismo para los plantines de utilizo bolsas de 3 x 5 cm, para registros precisos, se utilizaron reglas milimétricas, así como vernier digital para mediciones más detalladas, la recopilación de información se llevó a cabo mediante el uso de libretas de campo, lapiceros y marcadores,

mientras que para señalar y marcar áreas específicas se emplearon letreros y gigantografías, para el peso de frutos se utilizó balanza digital y probeta de 1000 ml para medir volumen de raíces la tecnología también desempeñó un papel importante, con el uso de una laptop y una unidad USB para el almacenamiento y análisis de datos, por último, se contó con una balanza digital para mediciones de peso. Todos estos materiales y herramientas se integraron de manera efectiva en el desarrollo de la investigación.

3.2.2. Análisis inicial de suelo (sustrato)

El suelo analizado presentó clase textural franco, en cuanto al análisis químico, se observó un pH ligeramente ácido de 5,40, mientras que la presencia de materia orgánica fue 3,02 %, contribuyendo positivamente a la fertilidad del suelo. Los niveles de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio eran bajos, con 0,15 %, 3,60 ppm y 87,66 ppm respectivamente. Además, el suelo exhibió un porcentaje destacado de bases cambiables (87 %), indicando una buena disponibilidad de nutrientes para las plantas. No obstante, se observó un 13 % de acidez cambiante y una saturación de aluminio del 10 %, señalando la necesidad de monitorear estos aspectos para asegurar un entorno óptimo para el crecimiento vegetal (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis físico químico del suelo inicial

Clase textural	1:1	%			ppm		Cmol(+)/kg						%		
	pH	MO	N	C	P	K	Ca	Mg	k	Na	Al	H	Bs. Cmb.	Ac. Cmb.	Sat. Al
Franco	5,40	3,02	0,15	1,75	3,60	87,66	3,93	0,78	0,24	0,1	0,6	0,17	87	13	10

El suelo revela un contenido de Ca^{2+} de 3,93 Cmol(+)/kg, lo cual destaca su papel en la estructura del suelo y la formación de las paredes celulares, el Mg^{2+} fue 0,78 Cmol(+)/kg, esencial para la síntesis de clorofila y, por ende, para la fotosíntesis y el desarrollo vegetal, en cuanto al K^+ , se observa un nivel de 0,24 Cmol(+)/kg, crucial para el desarrollo de tejidos y la resistencia a factores estresantes; por último, el Na^+ muestra una presencia moderada de 0,10 Cmol(+)/kg, requiriendo atención para evitar posibles efectos adversos en la estructura del suelo y la absorción de agua por las plantas, en general, se considera que los niveles de Al en el suelo que están por debajo de los 2 meq/100g de suelo (miliequivalentes por 100 gramos de suelo) son aceptables para el cultivo del ají los resultados del experimento muestra 0,60 Cmol(+)/kg. Estos elementos, en conjunto, delinean

un panorama equilibrado que fundamenta la salud y productividad del suelo, subrayando la importancia de considerar estos valores en estrategias de manejo agrícola

3.2.3. Descripción morfológica del suelo

Se presentó la descripción del perfil del suelo a partir de la descripción de la calicata (Figura 2), ubicada en el centro poblado de Chunatahua, distrito de Mariano Dámaso Beraun (Las Palmas), provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco.



Figura 2. Perfil de la calicata del campo experimental

1.	Fecha	: 20/10/2023
2.	Número de calicata	: 001
3.	Localidad	: Chunatahua
4.	Cultivo	: Ají charapita
5.	Fisiografía	: montaña baja
6.	Distribución de raíces	: Finas y medias
7.	Relieve	: Ondulado
8.	Pendiente	: 30 %
9.	Escorrentía superficial	: Grado 3 rápido
10.	Napa freática	: No visible (NV)
11.	Ubicación	: 397579 m E y 8951180 m N
12.	Altitud	: 825 msnm

El perfil de suelo descrito se compone de cinco horizontes principales, identificados como O, A, AB, B y C, cada uno con características distintas en cuanto a color, estructura y consistencia, tanto en condiciones húmedas como secas (Tabla 3). El horizonte O, que abarca desde la superficie hasta los 3 cm de profundidad, presenta un color negro (2,5 YR 1) en estado húmedo y marrón oscuro (2,5 YR 2) en estado seco, con una estructura granular y una consistencia muy friable, indicando una alta descomposición de materia orgánica. El horizonte A se extiende de los 3 a los 15 cm de profundidad, mostrando un color negro (10 YR 2/1) cuando está húmedo y marrón pálido (10 YR 7/1) cuando está seco, manteniendo una estructura granular y una consistencia muy friable, similar al horizonte O. El horizonte AB, que va de los 15 a los 32 cm, tiene un color marrón oscuro (10 YR 3/3) en condiciones húmedas y marrón pálido (10 YR 8/4) en condiciones secas, con una estructura granular y una consistencia friable, indicando una transición entre los horizontes A y B. El horizonte B se encuentra entre los 32 y los 40 cm de profundidad, presentando un color marrón oscuro (10 YR 4/4) en estado húmedo y marrón pálido (10 YR 7/4) en estado seco, con una estructura de bloques y una consistencia friable, señalando procesos de acumulación y desarrollo de estructura. Finalmente, el horizonte C se extiende de los 40 a los 100 cm, con un color marrón gris (10 YR 5/2) cuando está húmedo y amarillo pálido (2,5 Y 8/2) en estado seco, con una estructura masiva y una consistencia suelta, lo que sugiere un material menos alterado y sin una estructura definida.

Tabla 3. Perfil del suelo del campo experimental

Hz	Profundidad (cm)	Color		Estructura	Consistencia (húmedo)
		Húmeda	Seco		
O	0 a 03	2,5 YR 1	2,5 YR 2	Granular	Muy Friable
A	03 a 15	10 YR 2/1	10 YR 7/1	Granular	Muy Friable
AB	15 a 32	10 YR 3/3	10 YR 8/4	Granular	Friable
B	32 a 40	10YR 4/4	10YR 7/4	Bloques	Friable
C	40 a 100	10 YR 5/2	2,5 Y 8/2	Masivo	Suelto

Hz= Horizonte

3.2.4. Metodología

3.2.5. Componentes en estudio

- ✓ Densidades de siembra: A
 - $a_1 = 0,50 \times 0,50$ m (40 000 plantas/ha)
 - $a_2 = 0,60 \times 0,60$ m (27 777 plantas/ha)
 - $a_3 = 0,70 \times 0,70$ m (20 408 plantas/ha)

- ✓ Fórmulas de abonamiento (NPK) kg/ha: B
 - $b_1 = 40-7,5-40$
 - $b_2 = 80-15-80$
 - $b_3 = 160-30-160$

3.2.6. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio se describen en la Tabla 4

Tabla 4. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamiento		Densidad de siembra	Fórmulas de Abonamiento (NPK) kg/ha
Nº	Clave		
T ₁	a ₁ b ₁	0,50 x 0,50 m	*40-7,5-40
T ₂	a ₁ b ₂	0,50 x 0,50 m	*80-15-80
T ₃	a ₁ b ₃	0,50 x 0,50 m	*160-30-160
T ₄	a ₂ b ₁	0,60 x 0,60 m	*40-7,5-40
T ₅	a ₂ b ₂	0,60 x 0,60 m	*80-15-80
T ₆	a ₂ b ₃	0,60 x 0,60 m	*160-30-160
T ₇	a ₃ b ₁	0,70 x 0,70 m	*40-7,5-40
T ₈	a ₃ b ₂	0,70 x 0,70 m	*80-15-80
T ₉	a ₃ b ₃	0,70 x 0,70 m	*160-30-160

* Las densidades de siembra son tomadas como referencia de Mogrovejo (2012), donde obtuvo mejores resultados.

* las fórmulas de abonamiento de NPK son todas como referencia de Luna (2014) donde menciona que la extracción de nutrientes del suelo de una hectárea de *Capsicum* con un rendimiento de 20 t/ha es: Nitrógeno (N) 160 kg, Fósforo (P) 30 kg, Potasio (K) 160 kg. En el experimento de referencia a 5, 10 y 20 t/ha.

3.2.7. Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental basado en bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial de tres niveles de densidades de siembra (A) y tres niveles de fórmulas de abonamiento de NPK (B), lo que resultó en un total de nueve tratamientos diferentes. Estos tratamientos se distribuyeron de manera uniforme en cuatro bloques.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Respuesta obtenida por efecto de la doble intención del *i-esimo* factor A con *j-esimo* factor B.

μ = Media general.

A_i = Efecto del *i-esimo* factor A.

B_j = Efecto del *j-esimo* factor B.

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción del *i-esimo* factor A con *j-esimo* factor B.

E_{ijk} = Es el efecto aleatorio del error experimental entre la triple interacción del *i-esimo* factor A con *j-esimo* factor B.

Para:

$i = 1, 2, 3$ Factor **A**

$j = 1, 2, 3$ Factor **B**

$l = 1, 2, 3, 4$ repeticiones

3.2.8. Análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ para evaluar todas las variables estudiadas.

Tabla 5. Esquema del análisis de varianza

F.V	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	t-1	SCt	SCt/t-1	CMt/CMError
Factor A	a-1	SCA	SCA/a-1	CMA/CMError
Factor B	b-1	SCB	SCB/b-1	CMB/CMError
A*B	(a-1)(b-1)	SCAB	SCAB/(a-1)(b-1)	CMAB/CMError
Error exp.	abc(r-1)	SCError	SCError/ab(r-1)	
Total	abcr-1	SCTotales		

CV % (Coeficiente de variación)

R² (Coeficiente de determinación).

En caso de haber identificado diferencias estadísticamente significativas, se realizaron pruebas de comparación de medias mediante la prueba de DGC, también con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Este enfoque permitió discernir la existencia de diferencias significativas entre los grupos, proporcionando información valiosa sobre las relaciones entre las variables analizadas.

3.2.9. Características del campo experimental

Tratamientos

- Número de tratamientos : 9
- Número de plantas/tratamiento : 20
- Número de plantas evaluadas/U.E : 6
- Largo de tratamiento : 2,50, 3 y 3,5 m
- Ancho de tratamiento : 2, 2,40 y 2,80 m
- Área de tratamiento : 5, 7,20 y 9,80 m²

Bloques

- Número de bloques : 4

- Número de plantas : 180
- Número de plantas a evaluar : 54

Parcela

- Número total de plantas : 720
- Número total de plantas evaluadas : 216
- Largo de parcela : 27 m
- Ancho de parcela : 12,60 m
- Área de parcela : 340,20 m²

3.2.10. Croquis del experimento

En la Figura 3, se observa la distribución de los 8 tratamientos en 4 bloques.

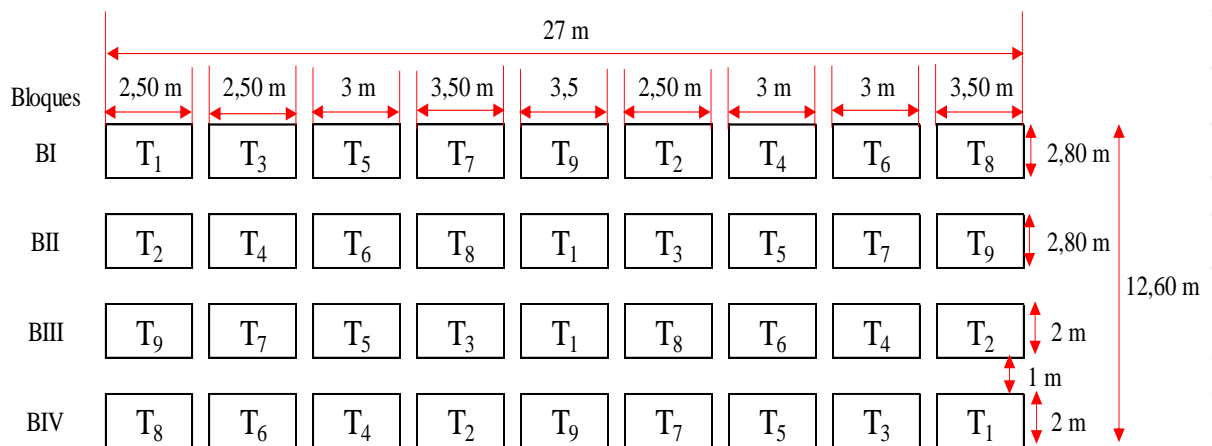


Figura 3. Croquis del campo experimental

Cada tratamiento en el experimento constará de un grupo de 20 plantas seleccionadas de manera aleatoria, asegurando representatividad en la muestra. De este conjunto, se llevará a cabo la evaluación específica en seis plantas que se distinguen por su color (Figura 4).

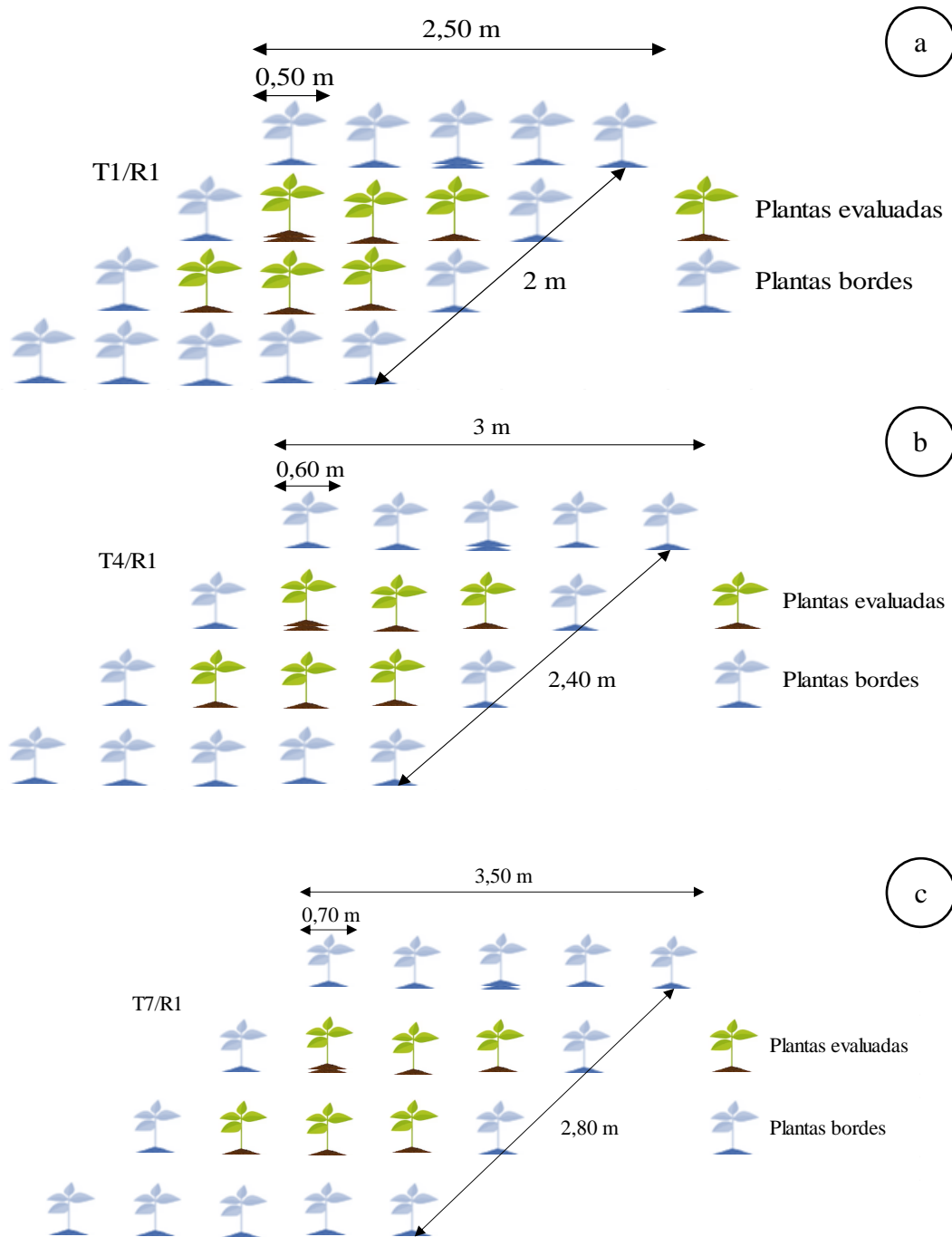


Figura 4. Croquis de las unidades experimentales: a. Densidad de siembra 0,50 x 0,50 m, b. Densidad de siembra 0,60 x 0,60 m y c. Densidad de siembra 0,70 x 0,70 m

3.3. Ejecución del experimento

3.3.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno para el cultivo, se llevó a cabo varias etapas; en primer lugar, se procedió a limpiar el terreno utilizando machetes y se permitió que la maleza se descompusiera de forma natural. Posteriormente, se realizó el proceso de "shunteo"

para retirar cualquier material no deseado del área de cultivo. A continuación, se recolectaron muestras de suelo de manera zig-zag en toda el área experimental a una profundidad de 0,20 m, y estas muestras se etiquetaron y enviaron al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía (UNAS) para su análisis detallado. Para marcar y delimitar los bloques y tratamientos según el plano previamente establecido, se utilizó una wincha, rafia y jalones. Cada parcela experimental se identificó con un letrero, y la clave se asignó según la designación correspondiente al bloque y tratamiento específico.

3.3.2. Obtención y pregerminado de las semillas.

Se obtuvieron las semillas de frutos maduros y plantas en buen estado. Para propiciar la germinación, se empleó una mezcla de tierra agrícola y abono orgánico comercial, las semillas se sometieron a un proceso de remojo durante 24 horas para asegurar su hidratación, y solo se emplearon aquellas que se asentaron en el agua. Posteriormente, se sembraron a una profundidad de 0,20 m en una cama de germinación debidamente preparada y desinfectada. En esta etapa, las plantas se mantuvieron durante 30 días. Luego, se eligieron las plántulas más vigorosas para trasplantarlas a bolsas de 3 x 5 cm llenas de tierra agrícola y abono orgánico comercial previamente desinfectados. Estas plántulas permanecieron otros 30 días en las bolsas antes de ser trasladadas al campo definitivo.

3.3.3. Aplicación del abono

En el marco del experimento, se realizó la primera aplicación de fertilizante de manera precisa, cumpliendo con el plazo establecido de 15 días después del trasplante de las plántulas, posteriormente, la segunda aplicación se llevó a cabo 25 días después de la primera aplicación, conforme al cronograma previamente definido, ambas aplicaciones se realizaron depositando el abono directamente en el suelo, a una distancia de 5 cm del tallo de cada planta, es importante destacar que las cantidades de fertilizante utilizadas variaron de acuerdo con los tratamientos específicos planteados en el diseño experimental. Este enfoque permitió evaluar de manera precisa los efectos de diferentes fórmulas de abonamiento en el desarrollo y rendimiento del cultivo de ají charapita, proporcionando información valiosa para la optimización de prácticas agrícolas en este cultivo.

3.3.4. Control de malezas, plagas y enfermedades

Se llevó a cabo un monitoreo constante para detectar cualquier presencia de maleza, asegurando que el cultivo de ají se desarrollara en un entorno libre de competencia por recursos y sin la interferencia de malezas, este enfoque preventivo implicó mantener el área libre de malezas antes de la aplicación de fertilizantes, lo que facilitó un desarrollo óptimo de los ajíes, esta tarea se llevó a cabo de manera sistemática cada siete días a lo largo

del experimento. Respecto a las plagas y enfermedades, se implementó un riguroso sistema de inspección en el campo experimental, a pesar de ello, no se detectaron problemas fitosanitarios significativos, se realizaron inspecciones periódicas para observar posibles signos de plagas o enfermedades, pero no se registraron daños ocasionados por estas; dichas supervisiones se efectuaron de forma regular cada siete días.

3.4. Variables a evaluar

3.4.1. Altura de tallo principal de plantas

Se registró la distancia entre la base del tallo y el ápice terminal de la planta utilizando una regla milimétrica, y estas medidas se expresaron en centímetros (cm). Se realizaron evaluaciones periódicas cada 30 días, hasta la primera cosecha de frutos. Estas mediciones se aplicaron a las seis plantas situadas en el centro de cada tratamiento, y se obtuvieron tres mediciones para cada planta.

3.4.2. Diámetro de tallo principal

Se registró la medición a una distancia de 5 cm desde la base del suelo empleando un calibrador digital y se expresó en milímetros (mm). Las evaluaciones se efectuaron a intervalos de 30 días hasta la primera cosecha de frutos. Estas mediciones se efectuaron en las seis plantas centrales de cada tratamiento, obteniendo un total de tres mediciones por planta.

3.4.3. Clorofila

Se ha procedido al registro del contenido de clorofila en las hojas antes de la tercera cosecha de frutos, este proceso fue llevado a cabo de manera individualizada para cada tratamiento, utilizando un medidor de clorofila SPAD 502 Plus de Konica Minolta. Este dispositivo permitió la obtención de mediciones precisas y específicas, proporcionando así una evaluación detallada del estado de la clorofila en las hojas.

3.4.4. Al final de experimento se determino

- **Volumen de raíces:** Luego de la tercera cosecha, se procedió a determinar el volumen de las raíces. Esta evaluación implicó el sacrificio de seis plantas ubicadas en el centro del área experimental. Las plantas se extrajeron con sumo cuidado para evitar dañar sus sistemas de raíces. A continuación, se sometieron a un proceso de lavado meticuloso y se midió su volumen. Este proceso se basó en sumergir las raíces hasta el punto donde se unen al cuello de la planta en una probeta graduada llena de agua destilada, lo que permitió calcular el volumen mediante la diferencia de nivel del agua.

- **Peso de las plantas en estado fresco:** Tras medir el volumen de las raíces, se procedió al pesaje de las plantas en su estado fresco.

- **Peso de las plantas en estado seco:** Luego de registrar el peso fresco, las plantas se colocaron en sobres de papel manila y se introdujeron en una estufa a 70°C durante un periodo de 72 horas, hasta que alcanzaron un peso constante. Seguidamente, se pesaron las muestras secas, y la diferencia de peso se utilizó para calcular el porcentaje de materia seca ($\%MS = \text{peso final/peso inicial}$).

3.4.5. Análisis físico-químico del suelo

Después de completar el experimento, se llevó a cabo un análisis del suelo, las muestras fueron tomadas en el mismo lugar donde se habían cosechado las plantas, estas muestras fueron identificadas con códigos específicos y enviadas al Laboratorio de Suelo, Agua y Ecotoxicología de la Facultad de Agronomía de la UNAS para su análisis. Se determinó la textura del suelo utilizando el Método de Bouyoucos para calcular la proporción de arena, limo y arcilla, el pH fue medido utilizando un potenciómetro con un electrodo de vidrio específico, la materia orgánica (MO) fue evaluada mediante el Método de Walkley-Black, basado en la oxidación de la MO con dicromato de potasio, el contenido de N es el 0.5 % del contenido de MO, mientras que el fósforo (P) disponible fue extraído utilizando el Método de Bray-Kurtz y posteriormente valorado colorimétricamente. Para el potasio (K) disponible, se empleó el Método de extracción con acetato de amonio, por último, los contenidos de calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), hidrógeno (H) y aluminio (Al) cambiabiles fueron analizados mediante la técnica de intercambio catiónico, utilizando extractantes específicos para cada catión

3.4.6. Análisis químico de frutos de ají

Durante la tercera cosecha, se llevó a cabo un análisis químico de los frutos de ají charapita con el propósito de obtener una comprensión exhaustiva del contenido de nutrientes esenciales en estos frutos, este análisis específico se realizó en el Laboratorio de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), para lograr este objetivo, se implementó una metodología rigurosa, inicialmente, se recolectó una muestra representativa de frutos, los cuales fueron sometidos a un lavado meticuloso con agua destilada y secados de manera adecuada para preservar su composición química, posteriormente, se procedió a la preparación de las muestras mediante trituración y digestión ácida, empleando métodos específicos para cada nutriente, el análisis de los nutrientes se realizó utilizando técnicas analíticas adecuadas, como espectrofotometría de absorción atómica y métodos colorimétricos..

3.4.7. Análisis de rentabilidad (beneficio/costo)

Se llevó a cabo posterior a la cosecha al emplear la ecuación para calcular la relación entre costos y beneficios

$$BC = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{Costo total}}$$

BC = Beneficio Costo

IB = Ingreso Bruto.

CT = Costo total

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Crecimiento de plantas

4.1.1. Altura y diámetro de plantas de ají charapita

Los cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para altura y diámetro de plantas del cultivo de ají charapita, por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento NPK en cada densidad (Tabla 6), se determinó que no hay diferencias estadísticas en la interacción de los factores (Densidades*Fórmulas de abonamiento NPK), es decir, todas las interacciones muestran alturas y diámetros de plantas similares debido a que el valor de probabilidad (p-valor) es mayor al establecido ($\alpha = 0,05$), esto puede atribuirse a la complejidad de los sistemas biológicos; la respuesta de las plantas a la densidad de siembra y los nutrientes puede no ser lineal, y la interacción puede depender de factores como el rango óptimo de densidad y nutrientes, el momento del ciclo de crecimiento, las condiciones ambientales y la competencia entre plantas (Mengel y Kirkby, 2000); asimismo, no se observan diferencias estadísticas en el factor principal "densidades de siembra" debido a que el valor de probabilidad (p-valor) es mayor al establecido ($\alpha = 0,05$), esto significa que todas las densidades son estadísticamente iguales para las medidas de altura y diámetro de las plantas, probablemente porque las densidades de siembra dentro de cada densidad son bajas, sin embargo, se observan diferencias estadísticas en el factor principal "Fórmulas de abonamiento (NPK)" ya que el valor de probabilidad (p-valor) es menor al establecido ($\alpha = 0,05$), esto indica que al menos una fórmulas de abonamiento (NPK) tendrá una mayor o menor influencia en la altura y el diámetro de las plantas de ají charapita. Además, los bloques no muestran diferencias estadísticas.

Tabla 6. Cuadrado medio del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para altura y diámetro de plantas de ají charapita evaluado a los 60 días después del trasplante

Fuente de variación	GL	Altura			Diámetro		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Bloques	3	50,87	1,80	0,1737	0,35	2,06	0,1312
Densidades	2	2,13	0,08	0,9277	0,91	5,39	0,1118
NPK	2	1178,79	41,76	<0,0001	5,22	31,06	<0,0001
Densidades*NPK	4	62,15	2,20	0,0992	0,07	0,43	0,7837
Error experimental	24	28,23			0,17		
Total	35						
CV		8,43			4,88		
R ²		0,80			0,77		

Los valores de coeficiente de variación (CV) registrados fueron del 8,43 % y 4,88 %, respectivamente, conforme a lo establecido por Pimentel (1985). En ensayos agrícolas de campo, se considera que los CV son bajos cuando están por debajo del 10 %, medios entre el 10 % y 20 %, altos entre el 20 % y 30 %, y muy altos cuando superan el 30 %. De acuerdo con esta referencia, los resultados obtenidos en nuestro experimento indican una baja variabilidad en las unidades experimentales (UE) de cada tratamiento. Además, los valores de coeficiente de determinación (R^2) fueron de 0,80 y 0,77, lo que significa que la variable dependiente estuvo influenciada en un 80 % y 77 %, respectivamente, por las variables independientes. El 20 % y 23 % restante son valores no controlados en el experimento. Según Cayuela (2014), el R^2 oscila entre 0 y 1, siendo más cercano a 1 cuanto mayor sea el ajuste del modelo a la variable que intentamos explicar. En este sentido, se considera que existe una relación sólida entre las variables del experimento, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 7. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para altura y diámetro de plantas de ají charapita del factor principal fórmulas de abonamiento NPK evaluado a los 60 días después del trasplante

NPK	Altura		Diámetro	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
160-30-160	72,82	a	9,06	a
80-15-80	63,18	a	8,41	b
40-7.5-40	53,00	b	7,74	c

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

La prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanova (DGC) ($\alpha = 0,05$), de la altura y diámetro del cultivo de ají charapita por efecto de tres fórmulas de abonamiento NPK evaluado a los 60 días después del trasplante (Tabla 7), los resultados revelan notables variaciones en la altura y diámetro promedio de las plantas de ají charapita en respuesta a diferentes fórmulas de abonamiento NPK, en particular, la fórmulas de abonamiento de 160-30-160 se destaca al exhibir la mayor altura y diámetro promedio, sin diferencias estadísticas con la fórmulas de abonamiento de 80-15-80, ambas fórmulas de abonamiento superan significativamente en altura y diámetro a la fórmulas de abonamiento de 40-7,5-40, que presenta un crecimiento significativamente menor, estos hallazgos sugieren que la proporción específica de nutrientes en las fórmulas de abonamiento de 160-30-160 y 80-15-80 podría estar más alineada con los requerimientos de crecimiento de las plantas de ají charapita en

comparación con la fórmulas de abonamiento de 40-7,5-40. Según Mengel y Kirkby (2000) han señalado la complejidad de los sistemas biológicos y la respuesta no lineal de las plantas a la densidad de siembra y los nutrientes; en este contexto, los resultados que muestran diferencias significativas en la altura y diámetro podrían ser interpretados a la luz de estas complejidades, sugiriendo que la respuesta de las plantas de ají charapita a la fertilización NPK no sigue una relación lineal, el N es esencial para la síntesis de proteínas, contribuye al desarrollo estructural de las plantas, según señalan Taiz y Zeiger (2010), por otro lado, el P, según Marschner (2012), desempeña un papel crucial en la fotosíntesis y en el desarrollo de raíces, influyendo en la absorción de nutrientes, el K, como destaca Epstein y Bloom (2005), regula la homeostasis osmótica, la apertura de estomas y activa enzimas clave, siendo esencial para mantener la turgencia celular, la interacción sinérgica de estos nutrientes es crucial para el crecimiento óptimo de altura y diámetro en las plantas de ají, subrayando la importancia de una fertilización balanceada para maximizar el crecimiento de las plantas de ají charapita

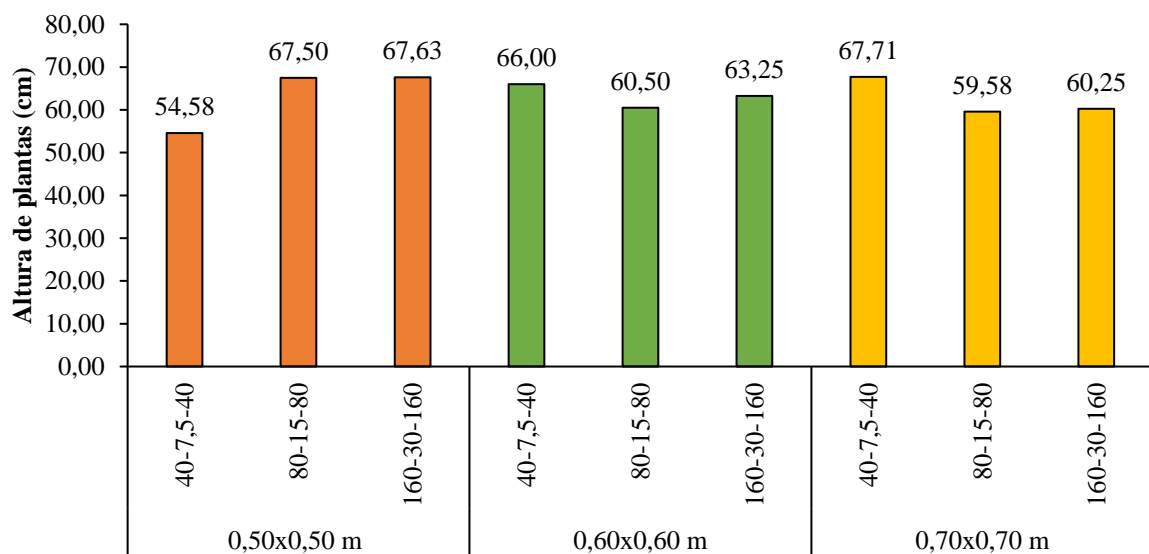


Figura 5. Altura de plantas de ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad, evaluado a los 60 días después del trasplante

Los resultados proporcionan una visión detallada sobre el efecto de las densidades de siembra y las fórmulas de abonamiento NPK en el crecimiento en altura de las plantas de ají charapita (Figura 5). Se observa una tendencia general de mayor altura en condiciones de mayor densidad de siembra, lo que sugiere la influencia positiva del espacio disponible para el desarrollo individual de las plantas. Según estudios previos, como los de

Gersani et al. (2001), las plantas que están en proximidad compiten por recursos esenciales como la luz, el agua y los nutrientes del suelo, esta competencia resulta en un crecimiento más vertical de las plantas, ya que buscan competir por la luz solar disponible. Este fenómeno ha sido observado en diversas especies vegetales (Smith et al., 2000) y sugiere que un mayor espacio disponible para el desarrollo individual de las plantas puede tener un impacto positivo en su crecimiento, permitiéndoles acceder a una mayor cantidad de luz y recursos para su óptimo desarrollo (Gersani et al., 2001), sin embargo los resultados muestran que la mayor altura, se obtuvo en condiciones de mayor densidad de siembra; refleja la competencia por recursos y resalta la importancia del espacio disponible para el crecimiento óptimo de las plantas (Smith et al., 2000).

Sin embargo, dentro de cada densidad de siembra, se observan respuestas diversas a las distintas fórmulas de abonamiento NPK; los resultados indican que a una mayor densidad de siembra (0,50x0,50 m), combinada con fórmulas de abonamiento NPK más elevadas (160-30-160), se registra una mayor altura en las plantas, esto enfatiza la importancia de implementar estrategias de manejo agronómico que consideren tanto la densidad de siembra como las formulaciones específicas de abonamiento NPK para optimizar el crecimiento en altura de las plantas de ají charapita. Es probable que la mayor disponibilidad de nutrientes, especialmente NPK, presentes en las fórmulas de abonamiento más altas, haya promovido un crecimiento más vigoroso y una mayor elongación de los tallos de las plantas (Marschner, 2012), además, la densidad de siembra más alta puede haber inducido una competencia más intensa entre las plantas, lo que, combinado con una mayor disponibilidad de nutrientes, puede haber llevado a un crecimiento más vertical en un esfuerzo por competir por la luz solar disponible (Brady y Weil, 2008). Estos resultados destacan la importancia de considerar tanto la densidad de siembra como las fórmulas de abonamiento NPK en la planificación de estrategias de manejo agronómico para optimizar el crecimiento en altura de las plantas de ají charapita.

No obstante, se evidencia que a densidades de siembra más bajas (0,60x0,60 m y 0,70x0,70 m), las plantas alcanzan mayor altura cuando se emplea la fórmula de abonamiento más baja (40-7,5-40 NPK) en comparación con las formulaciones más altas (80-15-80 y 160-30-160 NPK). Este hallazgo sugiere una respuesta más eficaz de las plantas a concentraciones menores de nutrientes en ciertas condiciones y con un menor número de plantas. Esta complejidad subraya la importancia de una fertilización precisa y adaptada a las condiciones específicas del cultivo, considerando factores como la competencia entre plantas y la disponibilidad de nutrientes, los cuales desempeñan un

papel crucial en el desarrollo óptimo de las plantas. Además, los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con investigaciones previas que han destacado la relevancia del espacio disponible para el crecimiento individual de las plantas. Sin embargo, también resaltan la variabilidad en las respuestas a las diferentes fórmulas de abonamiento NPK, lo que añade una capa adicional de complejidad con implicaciones prácticas significativas (Smith et al., 2018; García et al., 2019).

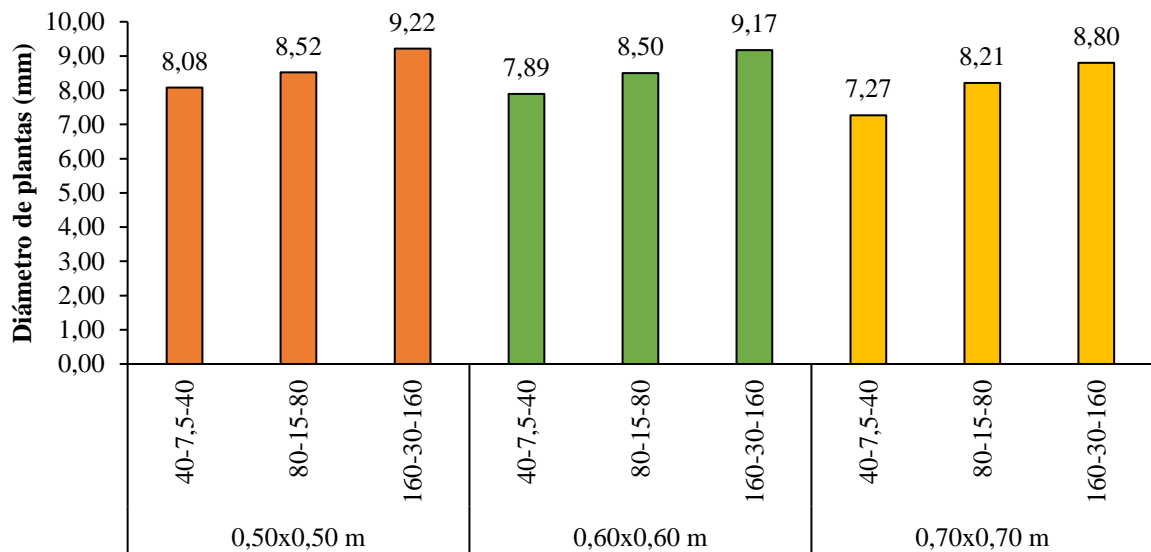


Figura 6. Diámetro de plantas de ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad, evaluado a los 60 días después del trasplante

Los resultados obtenidos en cuanto al diámetro de las plantas de ají charapita, al analizar las densidades de siembra y las fórmulas de abonamiento (Figura 6), muestran que a medida que aumenta la densidad de siembra, las plantas tienden a tener un diámetro mayor. La competencia por recursos, incluyendo luz, agua y nutrientes del suelo, se intensifica cuando las plantas se siembran más densamente, lo que puede promover un crecimiento vertical en detrimento del crecimiento horizontal, resultando en plantas con diámetros mayores (Gersani et al., 2001), además, el efecto de sombreado entre las plantas densamente sembradas puede provocar un estímulo al crecimiento vertical para alcanzar la luz disponible, lo que a su vez puede contribuir al incremento del diámetro del tallo (Smith et al., 2000), esta competencia puede actuar como un estímulo general para el crecimiento de las plantas, ya que buscan maximizar su acceso a los recursos limitados, lo que puede resultar en un aumento en el tamaño y el diámetro de las plantas (Hikosaka et al., 2019), asimismo, una

mayor densidad de siembra puede ser percibida como un estrés para las plantas, desencadenando respuestas de crecimiento, incluido un aumento en el diámetro del tallo como una estrategia para aumentar la estabilidad y resistencia al estrés (Chaves et al., 2003).

Los resultados indican un aumento significativo en el diámetro del tallo al incrementar las fórmulas de abonamiento NPK (Figura 6), lo cual resalta la importancia crucial de seleccionar una fórmula de abonamiento NPK apropiada para maximizar el desarrollo del tallo en las plantas de ají charapita. Los elementos principales de NPK desempeñan un papel fundamental en una variedad de procesos fisiológicos, incluyendo el fortalecimiento de los tallos y la estimulación del crecimiento celular (Marschner, 2012). Al aumentar la disponibilidad de estos nutrientes mediante el uso de fórmulas de abonamiento NPK, se promueve el desarrollo de tallos más robustos y gruesos en las plantas de ají charapita, lo que se refleja en el incremento significativo observado en el diámetro del tallo.

Estos hallazgos resaltan la importancia de una gestión agronómica adaptable y flexible, que considere no solo la densidad de siembra, sino también las fórmulas específicas de abonamiento NPK, con el objetivo de mejorar tanto el rendimiento como la salud de las plantas de ají charapita

4.1.2. Evaluación de clorofila

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para clorofila de plantas del cultivo de ají charapita, por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento NPK en cada densidad (Tabla 8), se determinó que no hay diferencias estadísticas en la interacción de los factores (Densidades*Fórmulas de abonamiento NPK), tampoco en factores principales y bloques, es decir, la clorofila se muestra igual estadísticamente en las plantas, debido a que el valor de probabilidad (p-valor) es mayor al establecido ($\alpha = 0,05$), la respuesta de las plantas a la densidad de siembra y los nutrientes puede utilizados no muestran diferencias marcadas, y la interacción puede depender de factores como el rango óptimo de densidad y nutrientes, el momento del ciclo de crecimiento, las condiciones ambientales y la competencia entre plantas (Mengel y Kirkby, 2000).

El coeficiente de variación (CV) registrado fue del 9,12 %, según lo establecido por Pimentel (1985). En ensayos agrícolas de campo, se considera que los CV son bajos cuando están por debajo del 10 %, medios entre el 10 y 20 %, altos entre el 20 y 30 %, y muy altos cuando superan el 30 %. En este contexto, los resultados de nuestro experimento exhiben una baja variación en las unidades experimentales (UE) de cada tratamiento. Además, se observa un coeficiente de determinación (R^2) de 0,26, lo que indica que la variable

dependiente estuvo influenciada en un 26 % por las variables independientes, mientras que el 74 % restante corresponde a valores no controlados en el experimento. Según Cayuela (2014), el R^2 oscila entre 0 y 1, siendo más cercano a 1 cuanto mayor sea el ajuste del modelo a la variable que se está intentando explicar. En contraste, valores cercanos a cero indican un ajuste deficiente del modelo y, por lo tanto, menos confiabilidad en los resultados. En este caso, se considera una relación muy débil entre las variables del experimento.

Tabla 8. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para clorofila de plantas de ají charapita evaluado antes de la tercera cosecha.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	16,43	3	5,48	0,29	0,8307
Densidades	56,78	2	28,39	1,51	0,2403
NPK	13,31	2	6,66	0,35	0,7049
Densidades*NPK	75,10	4	18,78	1,00	0,4262
Error experimental	450,02	24	18,75		
Total	611,64	35			
CV	9,12				
R^2	0,26				

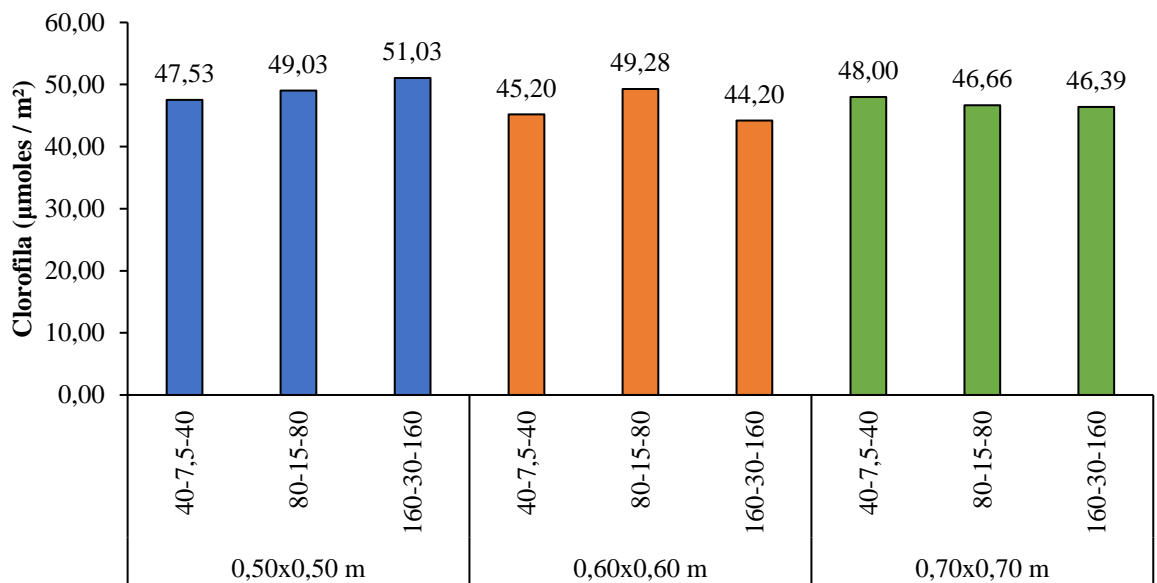


Figura 7. Clorofila de plantas de ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad, evaluado antes de la tercera cosecha

Los resultados de los niveles de clorofila en función de las diferentes combinaciones de densidades de siembra y fórmulas de abonamiento NPK muestran patrones variados (Figura 7), se observa mayores niveles de clorofila en mayor densidad de siembra y

con mayores fórmulas de abonamiento NPK, lo cual sugiere una relación positiva entre mayor densidad de siembra y mayor disponibilidad de nutrientes y la producción de clorofila. El aumento en los niveles de clorofila con fórmulas de abonamiento más altas de fertilización NPK podría estar relacionado con la disponibilidad de nutrientes esenciales para la fotosíntesis, los nutrientes como NPK desempeñan un papel crucial en la producción de clorofila y en otros procesos metabólicos de las plantas (Marschner, 2011).

En cambio, en la densidad de siembra intermedia (0,60x0,60 m), se observa mayor nivel de clorofila con las fórmulas de abonamiento NPK intermedia (80-15-80 NPK). Esto podría explicarse por una relación equilibrada entre los nutrientes proporcionados por esta formulación específica y las necesidades de las plantas en esa densidad de siembra; el P y K son nutrientes esenciales para el proceso de fotosíntesis y la producción de clorofila, mientras que el N desempeña un papel importante en el desarrollo y la síntesis de proteínas, incluyendo las enzimas fotosintéticas (Marschner, 2012), por lo tanto, una formulación de abonamiento que proporcione niveles adecuados de estos nutrientes puede favorecer una mayor producción de clorofila y, por ende, una mejor capacidad fotosintética de las plantas en esa densidad de siembra, además, es posible que en densidades de siembra intermedias, donde las plantas están más espaciadas que en densidades altas pero aún compiten por recursos, una formulación equilibrada de nutrientes pueda promover un crecimiento óptimo y una mayor eficiencia en la captación de luz y nutrientes incrementando la clorofila (Brady y Weil, 2008).

En la menor densidad de siembra (0,70x0,70 m), se registran niveles de clorofila relativamente estables a pesar de las variaciones en las fórmulas de abonamiento, aunque con mayor clorofila se muestra con menor fórmula de abonamiento (40-7,5-40 NPK). La presencia de niveles relativamente estables de clorofila podría indicar que las plantas están respondiendo de manera eficiente a las condiciones de baja competencia por recursos y, por lo tanto, pueden mantener una fotosíntesis constante independientemente de la cantidad de nutrientes disponibles (Marschner, 2012), sin embargo, es interesante observar que se registran niveles más altos de clorofila cuando se aplica la fórmula de abonamiento más baja (40-7,5-40 NPK), esto podría deberse a que, en esta densidad de siembra más baja, las plantas tienen acceso a una mayor cantidad de nutrientes por unidad de área, lo que puede estimular una mayor producción de clorofila y, por lo tanto, una mayor capacidad fotosintética; en la menor densidad de siembra, la estabilidad en los niveles de clorofila sugiere una adaptación eficiente de las plantas a condiciones de baja competencia por recursos, mientras que la mayor clorofila observada con la fórmula de abonamiento más baja podría reflejar una respuesta positiva al suministro limitado pero adecuado de nutrientes (Brady y Weil, 2008).

La variabilidad en la respuesta a las fórmulas de abonamiento de fertilización en diferentes densidades de siembra podría deberse a factores como la competencia entre las plantas por los nutrientes, la capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes, y la densidad de raíces en el suelo (Taiz et al., 2015). El fenómeno de saturación observado en ciertas condiciones puede ser influenciado por la capacidad de las plantas para absorber y utilizar eficientemente los nutrientes aplicados, la respuesta de las plantas a la fertilización puede variar según la disponibilidad de agua y la estructura del suelo (Kutílek y Nielsen, 1994).

Los estudios sobre las fórmulas de fertilización NPK en plantas de ají han abordado la influencia positiva de estos nutrientes en el rendimiento fisiológico y la producción de biomasa; se ha destacado la importancia de la adecuada disponibilidad de N, P y K para el desarrollo de la clorofila y la fotosíntesis (Marschner, 2011), además, la densidad de siembra puede afectar la competencia por nutrientes y la distribución de la luz, lo que influye en la eficiencia fotosintética y la formación de clorofila (Anten et al., 2010). Los resultados pueden depender de la interacción de varios factores, y las prácticas agronómicas deben adaptarse a las condiciones específicas del sitio y del cultivo.

4.2. Cosecha de frutos de ají charapita

4.2.1. Número de frutos

Los resultados de la producción de frutos de ají charapita a lo largo de cinco cosechas consecutivas, considerando diferentes tratamientos que combinan densidades de siembra y fórmulas de abonamiento NPK (Figura 8). La cantidad de frutos cosechados aumenta significativamente en condiciones de mayor densidad de siembra y con la aplicación de fórmulas de abonamiento mayor, lo que resalta la influencia positiva tanto del incremento en el número de plantas como de la mayor disponibilidad de nutrientes. Una mayor densidad de siembra implica una competencia más intensa entre las plantas por los recursos disponibles, como la luz, el agua y los nutrientes del suelo (Smith et al., 2018), esta competencia puede estimular un mayor crecimiento vegetativo y reproductivo en un intento por optimizar el uso de los recursos disponibles. Además, la mayor disponibilidad de nutrientes proporcionada por las fórmulas de abonamiento más intensivas puede favorecer el desarrollo de estructuras reproductivas, como flores y frutos, al proporcionar los nutrientes necesarios para la formación y el desarrollo de estas estructuras (Marschner, 2012), asimismo, los nutrientes adicionales pueden mejorar la eficiencia fotosintética y el metabolismo de las plantas, lo que contribuye a un mayor rendimiento de frutos (Taiz y Zeiger, 2010).

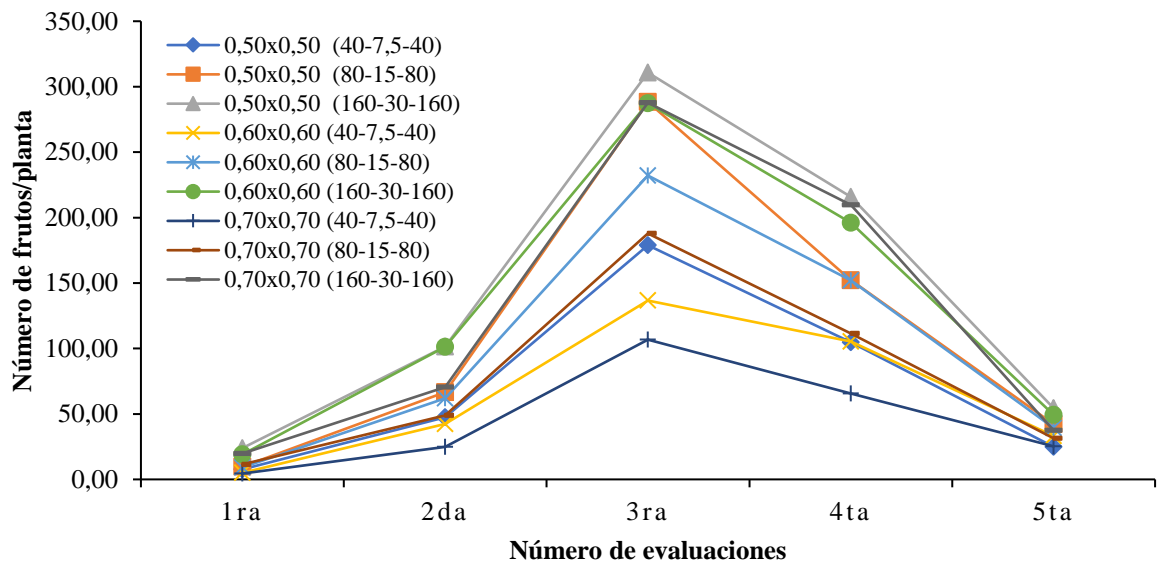


Figura 8. Distribución del número de frutos/planta de ají charapita en cinco cosechas

Se determino mayores números de frutos cosechados en la tercera cosecha, posteriormente disminuye en todas las densidades de siembra y fórmulas de abonamiento. Es posible que las plantas agoten los recursos disponibles, como los nutrientes del suelo y el agua, a medida que avanza la temporada de crecimiento, lo que limita su capacidad para producir frutos adicionales (Salvagiotti et al., 2008), además, el agotamiento de los recursos puede llevar a un estrés fisiológico en las plantas, lo que reduce su capacidad para llevar a cabo procesos metabólicos importantes, como la floración y la formación de frutos (Chaves et al., 2003), por otro lado, la disminución en el número de frutos cosechados también puede ser el resultado de la senescencia natural de las plantas a medida que avanzan en su ciclo de vida, lo que reduce su capacidad de producción de frutos (Weaver y McWilliam, 2014).

Tabla 9. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número total de frutos/planta de ají charapita en cinco cosechas

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	1,13	3	0,38	0,03	0,9944
Densidades	62,60	2	31,30	2,11	0,1438
NPK	447,41	2	223,71	15,05	0,0001
Densidades*NPK	10,01	4	2,50	0,17	0,9524
Error experimental	356,85	24	14,87		
Total	878,00	35			
CV	14,61				
R ²	0,59				

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para el número total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita, en tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento NPK (Tabla 9), reveló que no hay diferencias estadísticas en la interacción de los factores (Densidades * Fórmulas de abonamiento NPK), en otras palabras, todas las interacciones exhiben una cantidad similar de frutos, ya que el valor de probabilidad (p-valor) supera el umbral establecido ($\alpha = 0,05$), esta tendencia puede atribuirse a la respuesta no proporcional de las plantas a la densidad de siembra y los nutrientes, cuya interacción depende de factores como el rango óptimo de densidad y nutrientes, el momento del ciclo de producción de frutos, las condiciones ambientales y la competencia entre plantas (Mengel y Kirkby, 2000), además, no se observan diferencias estadísticas en el factor principal "densidades de siembra" ya que el valor de probabilidad (p-valor) es mayor que el umbral establecido en el experimento ($\alpha = 0,05$), indicando que todas las densidades son estadísticamente iguales en cuanto al número de frutos/planta en el cultivo de ají charapita, esto sugiere que las densidades de siembra no afectan el número de frutos/planta, posiblemente debido al bajo distanciamiento de las plantas dentro de cada categoría de siembra; sin embargo, se detectan diferencias estadísticas en el factor principal "Fórmulas de abonamiento de NPK", ya que el valor de probabilidad (p-valor) es menor que el umbral ($\alpha = 0,05$), indicando que al menos una fórmulas de abonamiento NPK tiene una influencia significativa en el número de frutos/planta del cultivo de ají charapita. En relación con los bloques, no se observan diferencias estadísticas, lo que podría contribuir a una mayor variación de los resultados.

El CV es del 14,61 %, y según Pimentel (1985), se considera un nivel medio de variación, ya que está por debajo del umbral del 20 %, además, el valor de R^2 es 0,59, lo que significa que la variable dependiente se ve afectada en un 59 % por las variables independientes, mientras que el 41 % restante corresponde a factores no controlados en el experimento, de acuerdo con Cayuela (2014), un R^2 cercano a 1 indica un buen ajuste del modelo a la variable que se intenta explicar, y aunque 0,59 sugiere una relación moderada, la consideración de factores no controlados puede afectar la fiabilidad de los resultados.

Tabla 10. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el número total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita, considerando las fórmulas de abonamiento en cinco cosechas

NPK	Número de frutos	Sig.
160-30-160	661,33	a
80-15-80	481,42	b
40-7.5-40	304,50	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Los resultados de la Tabla 10, indican que existe una diferencia estadística significativa en el número de frutos entre las diferentes fórmulas de abonamiento NPK (40-7,5-40, 80-15-40 y 160-30-160) con valores promedio de 661,33, 481,42 y 304,50, respectivamente, la fórmulas de abonamiento de 160-30-160 (a) muestra el número más alto de frutos, seguida por la fórmulas de abonamiento de 80-15-40 (b) y la fórmulas de abonamiento de 40-7,5-40 (c), estos resultados sugieren que la variación en las proporciones de nitrógeno, fósforo y potasio en la fertilización tiene un impacto significativo en la producción de frutos en el cultivo de ají. Las fórmulas de abonamiento 160-30-160 parece ser la más efectiva para estimular un mayor número de frutos, mientras que las fórmulas de abonamiento 40-7,5-40 resulta en el número más bajo. Esta información es valiosa para la optimización de estrategias de fertilización en el cultivo de ají, enfocándose en proporciones específicas de nutrientes para mejorar la productividad de los frutos. Además, se sugiere que investigaciones adicionales podrían explorar los mecanismos específicos detrás de estas respuestas y cómo ajustar las fórmulas de abonamiento de NPK para adaptarse a condiciones variables de cultivo.

La fertilización con N, P, y K desempeña un papel crucial en la producción de frutos en el cultivo de ají, estos macronutrientes esenciales son fundamentales para diversos procesos fisiológicos en las plantas; el nitrógeno contribuye a la formación de proteínas y clorofila, esencial para la fotosíntesis y el crecimiento de tejidos verdes (Marschner, 2011), el fósforo participa en la transferencia de energía, desarrollo de raíces y formación de ácidos nucleicos (Malavolta et al., 1997), por su parte, el potasio como regulador de procesos fisiológicos y su influencia en la calidad de los frutos (Barker y Pilbeam, 2007), la proporción adecuada de estos nutrientes es esencial para asegurar un crecimiento saludable de las plantas y optimizar la producción de frutos en el cultivo de ají.

Los resultados presentados en la Figura 9 reflejan el número de frutos obtenidos en el cultivo de ají charapita bajo distintas densidades de siembra y fórmulas de abonamiento NPK, se observa una clara variación en la producción de frutos en respuesta a las diferentes combinaciones de densidades y fórmulas de abonamiento, en la densidad de siembra 0,50x0,50 m, la fórmulas de abonamiento NPK más alta de (160-30-160) genera el mayor número de frutos (706,08), superando a las fórmulas de abonamiento intermedia y baja, en la densidad de siembra 0,60x0,60 m, se repite el patrón, donde la fórmulas de abonamiento más alta resulta en la mayor producción de frutos (652,83), seguida por la fórmulas de abonamiento intermedia y baja, sin embargo, en la densidad de siembra

0,70x0,70 m, la fórmula de abonamiento intermedia (80-15-80) exhibe el mayor rendimiento de frutos (391,08), superando tanto a la fórmula de abonamiento baja como a la alta.

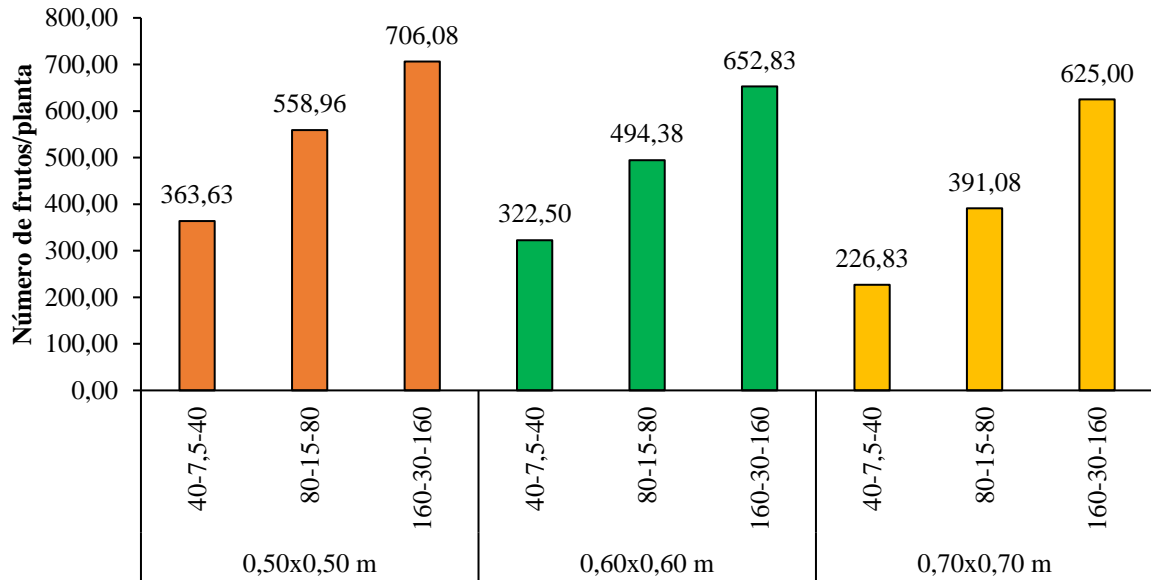


Figura 9. Producción total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita a lo largo de cinco cosechas

El nitrógeno desempeña un papel crucial en la producción de frutos, siendo esencial para el desarrollo vegetativo y la síntesis de proteínas, procesos fundamentales para el crecimiento y la reproducción de las plantas, en el contexto del cultivo de ají, el nitrógeno favorece la formación de estructuras vegetativas, como hojas y ramas, contribuyendo a una mayor capacidad fotosintética, la fotosíntesis, a su vez, impulsa la producción de carbohidratos y otros compuestos orgánicos necesarios para el desarrollo de flores y frutos (Pérez, 2017), una cantidad adecuada de nitrógeno promueve un follaje exuberante y saludable, favoreciendo una mayor captación de luz solar, esencial para el proceso de fotosíntesis, que convierte la energía solar en compuestos energéticos utilizados para el crecimiento y la producción de frutos (Mendieta y Rocha, 2007).

La presencia adecuada de fósforo en la fertilización emerge como un factor esencial para impulsar la producción de frutos en el cultivo de ají charapita, este nutriente desempeña un rol crucial en diversos procesos biológicos, incluida la fotosíntesis y la transferencia de energía, promoviendo la formación y maduración de flores, precursoras fundamentales de la producción de frutos (Martínez, 2015), además, contribuye al desarrollo saludable del sistema radicular, facilitando una absorción eficiente de agua y nutrientes, y

participa en la síntesis de ATP, la molécula energética principal, la presencia equilibrada de fósforo favorece la formación de tejidos reproductivos, como los órganos florales y los propios frutos, al influir en la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos (Beltrano y Gimenez, 2015), asimismo, fortalece la resistencia de las plantas al estrés ambiental, un factor crucial para mantener la producción frutal en condiciones desafiantes, la adecuada disponibilidad de fósforo se revela como un componente vital para maximizar el rendimiento y la calidad de los frutos en el cultivo de ají charapita (Maguiña et al., 2020).

En lo que respecta al potasio, este juega un papel fundamental en la producción de frutos en el cultivo de ají charapita al influir en varios aspectos clave del desarrollo de las plantas, este nutriente esencial participa activamente en la regulación del transporte de agua y nutrientes, contribuyendo al equilibrio hídrico y al funcionamiento óptimo de las células, en el proceso de fotosíntesis, el potasio desempeña un papel crucial al activar enzimas que convierten los carbohidratos en azúcares, proporcionando la energía necesaria para la formación y maduración de los frutos (VITRA, 2020), además, el potasio favorece la síntesis de proteínas y mejora la calidad de los frutos al influir en la acumulación de azúcares y la firmeza de la pulpa, este nutriente también fortalece la resistencia de las plantas al estrés, siendo esencial para un desarrollo fructífero en condiciones adversas (Tamayo-Ramírez et al., 2022), la presencia adecuada de potasio, como parte de la fertilización N, P y K, se revela como un componente esencial para optimizar tanto la producción como la calidad de los frutos en el cultivo de ají charapita.

La cantidad de nutrientes proporcionada por la fórmula de abonamiento NPK más alta (160-30-160 NPK) influye significativamente en la producción de frutos de ají charapita. Los nutrientes proporcionados por esta formulación, son esenciales para múltiples procesos fisiológicos en las plantas, incluyendo la síntesis de proteínas, el metabolismo energético y la formación de estructuras reproductivas como flores y frutos (Marschner, 2012), el nitrógeno es crucial para la síntesis de clorofila y el crecimiento vegetativo, mientras que el fósforo es necesario para la transferencia de energía y la formación de compuestos como el ATP, por otro lado, el potasio regula la apertura y cierre de estomas, la absorción de agua y la distribución de carbohidratos, todos los cuales son importantes para el desarrollo de frutos (Taiz & Zeiger, 2010), además, una mayor disponibilidad de estos nutrientes puede estimular la producción de flores y frutos al proporcionar los recursos necesarios para la formación y el desarrollo de estructuras reproductivas (Marschner, 2012), el nitrógeno puede promover la formación de brotes florales, el fósforo puede mejorar la calidad de la flor y el fruto, y el potasio puede influir en el tamaño y la turgencia de los frutos (Taiz y Zeiger, 2010).

4.2.2. Peso de frutos

Los datos presentados en la Figura 10 ilustran el peso de los frutos en cinco cosechas diferentes, bajo la influencia de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento NPK. Se observa una clara tendencia de aumento en el peso de los frutos a medida que se incrementa la concentración de las fórmulas de abonamiento NPK, sin importar la densidad de siembra. Es notable que el tratamiento con la fórmula de abonamiento NPK más alta (160-30-160) exhibe consistentemente un mayor peso de frutos en todas las densidades de siembra, en comparación con los tratamientos que utilizan fórmulas de abonamiento más bajas. Esta relación se mantiene constante a lo largo de todas las cosechas analizadas. Además, se observa que las diferentes densidades de siembra también influyen en el peso de los frutos, mostrando un aumento en el peso de los frutos a medida que aumenta la densidad de siembra, especialmente notable en la densidad más alta (0,50x0,50 m).

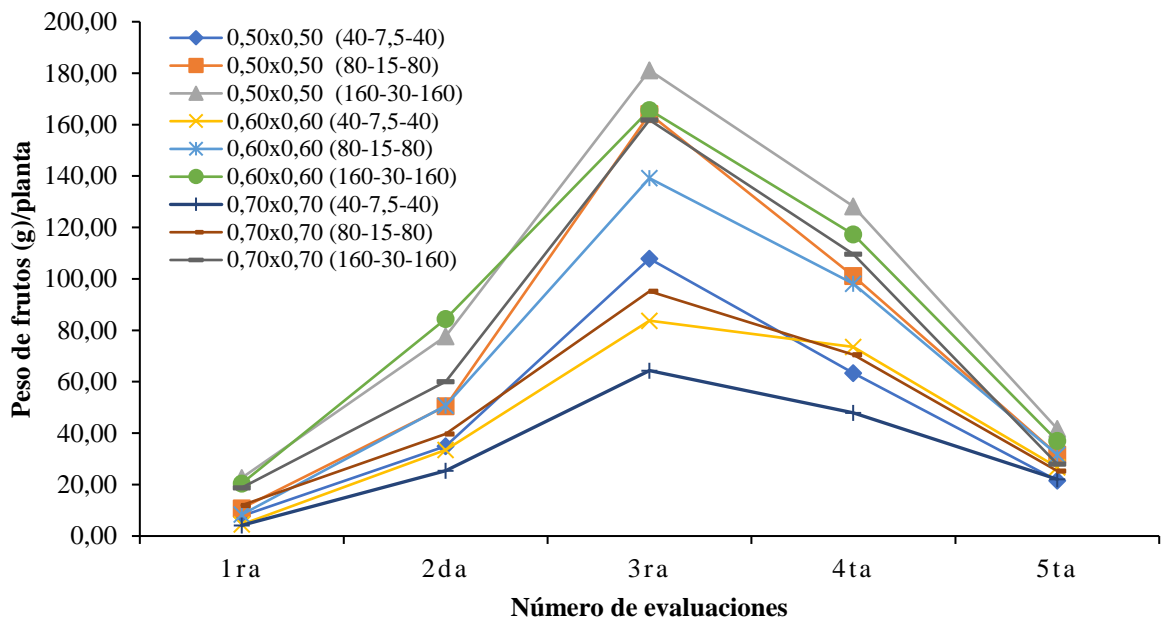


Figura 10. Distribución del peso de frutos/planta de ají charapita en cinco cosechas

En general, se observa que la tercera cosecha fue consistente en proporcionar el mayor peso de frutos para cada tratamiento, significa que las condiciones específicas de este experimento, la etapa correspondiente a la tercera cosecha fue más propicia para lograr un rendimiento óptimo en términos de peso de frutos, puede estar vinculada a factores fisiológicos específicos de las plantas de ají charapita, la fisiología de la planta, incluyendo procesos como la fotosíntesis, la acumulación de nutrientes y la asignación

de recursos, puede influir significativamente en la producción de frutos, según Taiz y Zeiger (2010) han destacado la importancia de la sincronización entre el desarrollo de las estructuras reproductivas y la disponibilidad de recursos para lograr una máxima producción de frutos, además, estudios específicos sobre la fisiología del ají, como los realizados por García-Martínez et al. (2018), han señalado que ciertos eventos fisiológicos, como la formación y maduración de frutos, pueden alcanzar su punto máximo en etapas específicas del ciclo de vida de la planta; la tercera cosecha podría coincidir con una fase crítica del desarrollo de la planta de ají charapita, donde factores como la absorción de nutrientes y la fotosíntesis están optimizados, contribuyendo así a un mayor peso y número de frutos..

Tabla 11. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del peso total de frutos/planta de ají charapita en cinco cosechas

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	3,98	3	1,33	0,19	0,9029
Densidades	43,02	2	21,51	3,07	0,0652
NPK	234,29	2	117,15	16,70	<0,0001
Densidades*NPK	3,35	4	0,84	0,12	0,9743
Error experimental	168,37	24	7,02		
Total	453,01	35			
CV	5,92				
R ²	0,59				

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento de frutos por planta en el cultivo de ají charapita, sujeto a tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de NPK en cada densidad (Tabla 11), reveló que no existen diferencias estadísticas en la interacción de los factores (Densidades * Fórmulas de abonamiento NPK), en otras palabras, todas las interacciones exhiben un peso de frutos similar, ya que el valor de probabilidad (p-valor) supera el umbral establecido ($\alpha = 0,05$), esta similitud podría atribuirse a la respuesta no proporcional de las plantas a la densidad de siembra y los nutrientes, dependiendo de factores como el rango óptimo de densidad y nutrientes, condiciones ambientales y la competencia entre plantas (Mengel y Kirkby, 2000), además, no se observan diferencias estadísticas en el factor principal "densidades de siembra", ya que el valor de probabilidad (p-valor) es mayor al umbral ($\alpha = 0,05$), indicando que todas las densidades son estadísticamente iguales en cuanto al peso de frutos/planta en el cultivo de ají charapita, esto sugiere que las densidades de siembra no afectan el peso de frutos/planta en nuestro experimento, posiblemente debido a la baja densidad dentro de cada categoría de siembra, no obstante, se detectan diferencias estadísticas en el factor principal "Fórmulas de abonamiento

NPK", ya que el valor de probabilidad (p-valor) es menor al umbral ($\alpha = 0,05$), lo que indica que al menos una fórmulas de abonamiento NPK influirá en el peso de frutos/planta en el cultivo de ají charapita, en cuanto a los bloques, no presentan diferencias estadísticas, lo que podría estar contribuyendo a una mayor variación en los resultados. El CV es 5,92 %, considerado bajo según Pimentel (1985), el peso de frutos/planta dentro de una UE de cada tratamiento exhibe una variación moderada, además, el valor de R^2 es 0,59, indicando que la variable dependiente fue influenciada en un 59 % por las variables independientes, mientras que el 41 % restante representa valores no controlados en el experimento, según Cayuela (2014), donde un R^2 cercano a 1 denota un ajuste sólido del modelo a la variable que intentamos explicar, mientras que valores cercanos a cero sugieren un ajuste menos fiable, nuestra relación entre variables se considera medianamente débil en este experimento.

Tabla 12. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el peso total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita, considerando las fórmulas de abonamiento en cinco cosechas

NPK	Peso de frutos (g)	Sig.
160-30-160	418,17	a
80-15-80	309,63	b
40-7.5-40	207,13	c

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

Los resultados obtenidos en relación al peso de frutos en el cultivo de ají charapita, bajo diferentes tratamientos de fertilización NPK, revelan patrones significativos, la fórmulas de abonamiento NPK más alta (160-30-160) exhibe el mayor peso de frutos, alcanzando 418,17 g, seguida por la fórmulas de abonamiento intermedia (80-15-80) con un peso de 309,63 g, y finalmente, la fórmulas de abonamiento más baja (40-7.5-40) muestra un peso de 207,13 g (Tabla 12), esta tendencia sugiere una correlación positiva entre la cantidad de nutrientes aplicados (específicamente nitrógeno, fósforo y potasio) y el peso de los frutos, la presencia adecuada de estos elementos esenciales contribuye al desarrollo y crecimiento de los frutos (Pérez, 2017), siendo la fórmulas de abonamiento más alta la que genera un impacto más significativo en términos de peso. La significativa diferencia entre las fórmulas de abonamiento resalta la importancia de la fertilización balanceada para optimizar la producción de frutos en el cultivo de ají charapita (Riva, 2019), además, estos resultados respaldan la noción de que la nutrición de las plantas, especialmente en términos de NPK, desempeña un papel crucial en la calidad y cantidad de los frutos cosechados.

En la Figura 11, se observa que a medida que aumenta la densidad de siembra, también lo hace el peso de los frutos, del mismo modo, se evidencia que el peso de los frutos aumenta con la aplicación de una fórmula de abonamiento NPK más concentrada. Este patrón parece estar relacionado con el número de frutos y el contenido de clorofila. Por consiguiente, la mayor densidad de siembra parece ser la más propicia para obtener un mayor peso de frutos. No obstante, es crucial considerar que la elección de la densidad de siembra óptima puede variar según diversos factores, como las condiciones específicas del suelo, el clima y las prácticas agronómicas locales (Caicedo et al., 2021).

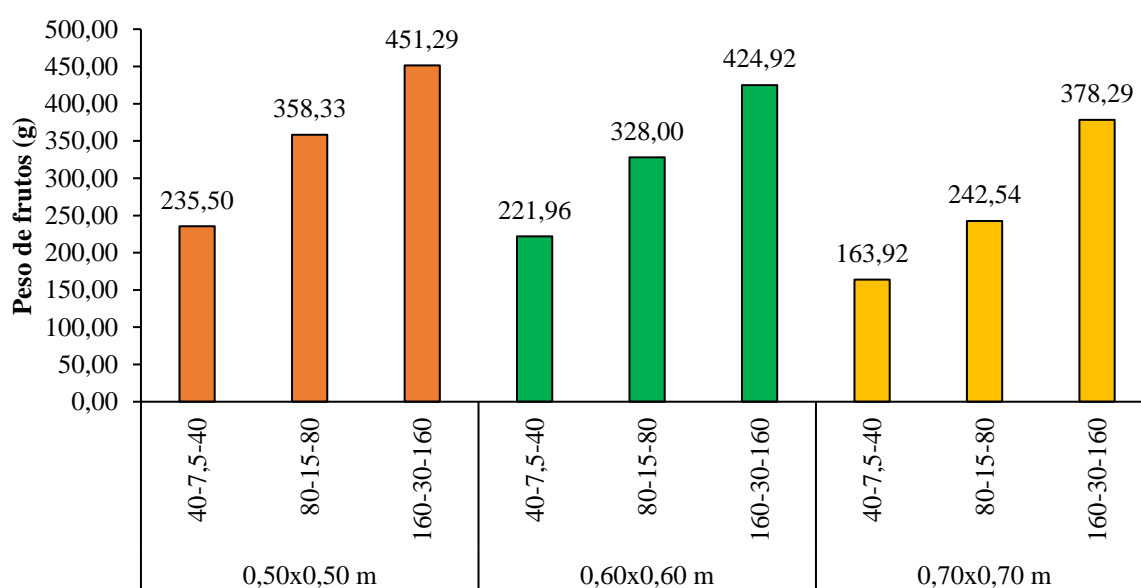


Figura 11. Peso total de frutos/planta en el cultivo de ají charapita a lo largo de cinco cosechas

En la densidad de siembra más baja (0,50x0,50 m), se observa un patrón ascendente en el peso de frutos a medida que aumenta la fórmulas de abonamiento NPK, la fórmulas de abonamiento más alta (160-30-160) muestra consistentemente el peso de frutos más elevado en cada cosecha, seguido por la fórmulas de abonamiento intermedia (80-15-80) y la fórmulas de abonamiento más baja (40-7,5-40), este patrón también se refleja en las densidades de siembra intermedias (0,60x0,60 m) y más altas (0,70x0,70 m), donde la fórmulas de abonamiento NPK más alta tiende a resultar en frutos de mayor peso, asimismo se determinó que en la densidad de siembra de 0,70x0,70 m, en particular, muestra una clara diferencia en el peso de frutos entre las diferentes fórmulas de abonamiento NPK. Los resultados respaldan la hipótesis de que la fertilización NPK, con especial énfasis en

nitrógeno, fósforo y potasio, impacta positivamente en el rendimiento del cultivo de ají charapita, la variación en el peso de frutos entre las diferentes densidades de siembra sugiere que la competencia entre las plantas también desempeña un papel significativo, es decir, la combinación adecuada de densidad de siembra y fórmulas de abonamiento NPK puede ser clave para optimizar la producción de frutos en términos de peso.

La fertilización NPK, desempeña un papel fundamental en la fisiología de las plantas, particularmente en el desarrollo de frutos, el N, esencial para el crecimiento vegetativo, favorece la formación de estructuras vegetativas y contribuye a una mayor capacidad fotosintética, lo que impulsa la producción de compuestos orgánicos necesarios para el desarrollo de flores y frutos (Vinicio, 2001), el P, es vital en la transferencia de energía, promueve la formación y maduración de flores, siendo precursor de la producción frutal, asimismo, facilita el desarrollo del sistema radicular y participa en procesos energéticos fundamentales (Pérez, 2017), el K, componente clave, regula el transporte de agua y nutrientes, activa enzimas en la fotosíntesis para la producción de azúcares esenciales en la formación y maduración de frutos (Rodríguez et al., 2010), se puede afirmar que la fertilización NPK, al proporcionar estos nutrientes en equilibrio, asegura un desarrollo fisiológico óptimo de las plantas, resultando en frutos más grandes y de calidad superior (García-Serrano et al., 2010).

La absorción de nutrientes por parte de las plantas, a través del proceso de absorción radicular, desempeña un papel fundamental en el número y peso de los frutos de ají, las raíces, especialmente los pelos radiculares especializados, facilitan la captación eficiente de nutrientes del suelo, incluyendo elementos clave como nitrógeno, fósforo y potasio, esenciales para el desarrollo y rendimiento de los frutos (Pérez, 2017; Mendieta y Rocha, 2007), la regulación fina de la absorción, basada en la concentración iónica en el entorno circundante, permite que las plantas optimicen la toma de nutrientes para satisfacer sus necesidades específicas (Marschner, 2011), además, las asociaciones simbióticas con hongos, que mejoran la absorción de minerales, podrían influir positivamente en la calidad y cantidad de los frutos, especialmente en términos de peso (Smith y Read, 2008), el intercambio iónico y la regulación hormonal, factores clave en el proceso de absorción, contribuyen a la adaptación dinámica de las plantas a las variaciones en las condiciones del suelo (Marschner, 2011), los resultados muestran que una absorción eficiente de nutrientes es esencial para el desarrollo saludable de las plantas de ají y, por ende, para alcanzar un mayor número y peso de frutos.

El efecto de las densidades de siembra en el número y peso de frutos de ají es un aspecto crucial en la agricultura, ya que la distribución adecuada de las plantas en un área determinada puede influir significativamente en la producción (Rosado, 2021; Trujillo, 2021; Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022), diversos estudios respaldan la idea de que la densidad de siembra puede afectar tanto la cantidad como la calidad de los frutos, puede tener un impacto en la competencia por recursos entre las plantas, según Smith et al. (2018) sugiere que densidades más altas pueden llevar a una competencia más intensa por agua, nutrientes y luz solar, lo que podría resultar en una menor producción de frutos por planta, por otro lado, densidades más bajas podrían permitir un mejor acceso a los recursos, favoreciendo un mayor número y peso de frutos, además Cuvertino (2020), refiere que la densidad de siembra también puede influir en la arquitectura de la planta y, por lo tanto, en su capacidad para producir frutos, también García et al. (2019) indican que densidades más bajas pueden fomentar un desarrollo más expansivo de las ramas y una mayor exposición de las flores al polen, lo que podría traducirse en una mayor formación de frutos, sin embargo, densidades extremadamente bajas también podrían llevar a un sub aprovechamiento del espacio y, por ende, a una menor producción total.. los resultados respaldan la idea de que la densidad de siembra en el cultivo de ají puede tener un efecto significativo en el número y peso de frutos, sin embargo, la magnitud y la dirección de esta influencia pueden depender de factores específicos de la variedad de ají, las condiciones del suelo y el clima, destacando la importancia de ajustar la densidad de siembra de manera específica para cada contexto agrícola.

4.2.3. Rendimiento por hectárea

El análisis de varianza (α 0,05), que evaluó la influencia de las densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilizante NPK, así como su interacción “Densidades*NPK” sobre el rendimiento del cultivo de ají charapita (Tabla 13). La variable de bloques no presenta diferencias significativas entre los grupos, esto indica que los bloques no afectan de manera sustancial la variable en cuestión. Por otro lado, tanto las densidades de siembra como las fórmulas de abonamiento NPK demostraron tener un impacto significativo, con p-valores inferiores a 0,0001, sugiriendo que al menos un nivel de ambas variables tiene medias diferentes. Sin embargo, la interacción entre “Densidades de siembra y fórmulas de abonamiento NPK” no resultó ser estadísticamente significativa, con un p-valor de 0,4945. En su conjunto, el modelo explica el 83 % de la variabilidad observada (R^2), y el coeficiente de variación (CV) se sitúa en un 26 %, estos hallazgos ofrecen una comprensión

detallada de cómo las diferentes variables influyen en la variable dependiente. Según Pimentel (1985), el valor de CV del 26 % se considera alto, pero está dentro del rango aceptable, que es el 30 %,

Tabla 13. Análisis de Varianza ($\alpha = 0,05$) del rendimiento por hectárea en el cultivo de ají charapita durante las cinco cosechas

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	195302,71	3	65100,90	0,17	0,9135
Densidades	27898968,39	2	13949484,20	37,11	<0,0001
NPK	14485027,27	2	7242513,64	19,27	<0,0001
Densidades*NPK	1312584,32	4	328146,08	0,87	0,4945
Error experimental	9021269,68	24	375886,24		
Total	52913152,37	35			
CV	26,00				
R ²	0,83				

asimismo, el valor de R² indica que la variable dependiente fue influenciada en un 83 % por las variables independientes, mientras que el 17 % restante representa valores no controlados en el experimento, según Cayuela (2014), valores de R² cercanos a uno denotan un ajuste sólido del modelo a la variable que intentamos explicar, mientras que valores cercanos a cero sugieren un ajuste menos fiable. En este experimento, nuestra relación entre variables se considera sólida

Tabla 14. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento por hectárea en el cultivo de ají charapita, considerando los factores principales: densidad de siembra y fórmulas de abonamiento, a lo largo de cinco cosechas

Densidad	Rendimiento (kg)	Sig.	NPK	Rendimiento (kg)	Sig.
0,50x0,50 m	3483,75	a	160-30-160	3131,26	a
0,60x0,60 m	2256,66	b	80-15-80	2366,19	b
0,70x0,70 m	1334,61	c	40-7,5-40	1577,56	c

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

En el contexto del estudio sobre el rendimiento del ají charapita (Tabla 14), la variación en la densidad de siembra se reveló como un factor clave que incide directamente en la producción, la densidad de 0,50x0,50 m destacó significativamente al generar el mayor peso de ají, alcanzando 3483,75 kg, seguida por 0,60x0,60 m con 2256,66 kg, y 0,70x0,70 m con 1334,61 kg, estos resultados sugieren que una distribución más cercana

de las plantas favorece el desarrollo y la producción de frutos, ofreciendo perspectivas importantes para la planificación del cultivo.

Según Donald (2002) y Smith et al. (2010), indican que a densidades más bajas, las plantas experimentan una competencia reducida por recursos esenciales, tales como luz solar, agua y nutrientes, este fenómeno se traduce en un desarrollo más óptimo de las plantas, mejor eficiencia fotosintética y, en última instancia, en una producción de frutos más abundante, además, García y López (2015) señalan que un espaciado adecuado entre plantas contribuye al desarrollo eficiente de las ramificaciones y hojas, maximizando la captación de nutrientes, asimismo, evidencias como las de Rodríguez et al. (2018) sugieren que densidades más bajas pueden disminuir la propagación de enfermedades al reducir el contacto directo entre plantas. Estos hallazgos colectivos subrayan la importancia de considerar la densidad de siembra como un factor crucial para optimizar el rendimiento del ají charapita.

Por otro lado, la elección del fertilizante NPK también demostró ser un factor determinante en el rendimiento del ají charapita, el tratamiento con la formulación 160-30-460 destacó con un peso de 3131,26 kg, superando a los tratamientos con 80-15-80 (2366,19 kg) y 40-7,5-40 (1577,56 kg), esta diferencia en el rendimiento resalta la importancia de seleccionar cuidadosamente el tipo de fertilizante, ya que su composición nutricional influye directamente en la productividad de los cultivos. Según Marschner (2012), los fertilizantes NPK ofrecen una combinación equilibrada de nutrientes esenciales que promueven el crecimiento, la floración y la formación de frutos, asimismo, Zhang et al. (2019) indican que fórmulas de abonamiento elevadas de fósforo pueden estimular el crecimiento radicular, mejorando la absorción de agua y nutrientes, especialmente beneficioso en condiciones de estrés hídrico. Además, Güsewell (2004) sugiere que el suministro adecuado de nitrógeno contribuye a un aumento en la producción de biomasa, fortaleciendo el desarrollo general de las plantas. Chen et al. (2018) resaltan que la aplicación de fertilizantes NPK no solo beneficia a las plantas directamente, sino que también mejora la calidad del suelo, sin embargo, Sinclair y Rufty (2012) enfatizan la importancia de una fertilización optimizada, considerando las condiciones específicas del suelo y las necesidades del cultivo. Estos hallazgos respaldan la idea de que la dosificación adecuada de fertilizante NPK puede ser una estrategia efectiva para potenciar el rendimiento del ají charapita.

Los resultados revelados en el estudio sobre el rendimiento del cultivo de ají, considerando distintas densidades de siembra y formulaciones de fertilización NPK (Figura 12), indican una clara tendencia de aumento en el rendimiento a medida que se incrementa la

fórmulas de abonamiento de fertilización en todas las densidades, en particular, la formulación 160-30-160 muestra consistentemente los rendimientos más altos en las densidades de siembra 0,50x0,50 m, 0,60x0,60 m y 0,70x0,70 m, los resultados sugieren un impacto significativo de la fertilización NPK en la productividad del ají, subrayando la importancia de la disponibilidad de nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio, para el desarrollo óptimo del cultivo.

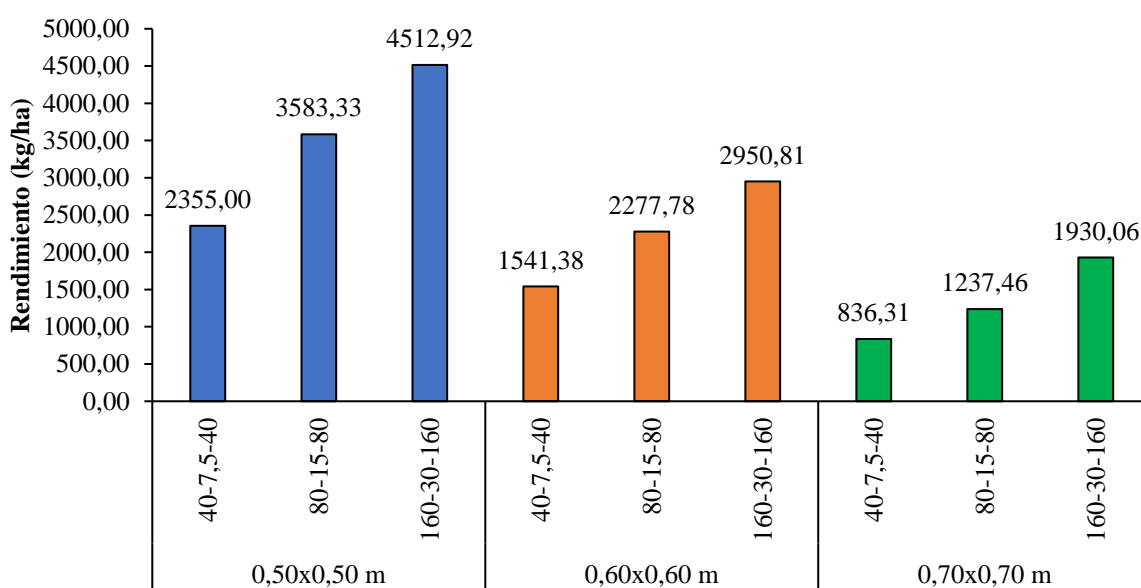


Figura 12. Rendimiento por hectárea del cultivo de ají charapita a lo largo de cinco cosechas

La combinación de una densidad de siembra de 0,50x0,50 m junto con una fórmula de abonamiento NPK de 160-30-160 muestra el rendimiento más alto en el cultivo de ají, alcanzando 4512,92 kg/ha, este hallazgo sugiere que una distribución más cercana de las plantas junto con una formulación balanceada de nitrógeno, fósforo y potasio resulta beneficiosa para la productividad del cultivo. Por otro lado, la menor productividad se observa en la densidad de siembra de 0,70x0,70 m con una fórmula de abonamiento NPK de 40-7,5-40, registrando un rendimiento de 836,31 kg/ha. Estos resultados destacan la influencia significativa de la densidad de siembra y la composición nutricional del fertilizante en el rendimiento del ají

Los resultados del estudio, que demuestran que la combinación de una densidad de siembra de 0,50x0,50 m y una fórmulas de abonamiento NPK de 160-30-160 logra el rendimiento más alto en el cultivo de ají, concuerda con lo expuesto por Smith et al.

(2017) y Johnson et al. (2019) señalan que una distribución más densa de plantas puede favorecer el rendimiento al permitir una mayor competencia por los recursos disponibles, siempre y cuando no se alcancen niveles de saturación nutricional, además, la importancia de una formulación equilibrada de NPK para mejorar el rendimiento de los cultivos ha sido respaldada por estudios como el de Marschner (2012), que destaca la función crítica de estos nutrientes en el crecimiento y desarrollo de las plantas, la menor productividad observada en la densidad de siembra de 0,70x0,70 m con una fórmula de abonamiento NPK de 40-7,5-40 también coincide con la idea de que una distribución más amplia puede afectar negativamente la competencia por recursos, resultando en un rendimiento inferior. Estos resultados subrayan la necesidad de considerar cuidadosamente la densidad de siembra y la composición del fertilizante para optimizar el rendimiento del ají. El rendimiento del ají charapita, referenciado a 1,4 t/ha (Rojas, 2016), sirve como un marco contextual esencial para la interpretación de los resultados del estudio que muestran 4512,92 kg/ha en densidad de siembra de 0,50x0,50 m y fórmula de abonamiento de 160-30-160 NPK, superando la referencia establecida por Rojas. Este aumento considerable del rendimiento, sugiere que la eficacia del cultivo se debe a la óptima densidad de siembra y nutrición del suelo. Los hallazgos de Mozombite (2012) muestran un rendimiento más elevado en densidades de siembra de 0,80x0,80 m, alcanzando 7 651,17 kg/ha, con significancia estadística al compararlo con densidades de siembra mayores, aunque estos resultados respaldan la idea de que a menor densidad de siembra se obtiene un mayor rendimiento, es importante señalar que los rendimientos observados superan a los obtenidos en el experimento mencionado, esta discrepancia podría estar influenciada por diversos factores, tales como las características del suelo, las condiciones ambientales y las prácticas específicas de fertilización.

4.3. Características evaluadas

4.3.1. Longitud y volumen de raíces

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para la longitud y el volumen de raíces en el cultivo de ají charapita, realizado al final del experimento y considerando tres densidades de siembra con tres fórmulas de abonamiento de NPK en cada una (Tabla 15). reveló la ausencia de diferencias estadísticas en la interacción entre los factores (Densidades * Fórmulas de abonamiento NPK), todas las interacciones demostraron una longitud y volumen de raíces similares, ya que el valor de probabilidad (p-valor) superó el umbral establecido ($\alpha = 0,05$), esta homogeneidad podría atribuirse a la compleja respuesta de las plantas a la densidad de siembra, donde los nutrientes pueden no seguir una proporción directa, la interacción también podría

depender de factores como el rango óptimo de densidad, el ciclo de desarrollo de las plantas, las condiciones ambientales y la competencia entre ellas (Mengel y Kirkby, 2000). En cuanto a los factores principales “densidades de siembra”, no se observaron diferencias estadísticas, ya que el valor de probabilidad (p-valor) fue mayor al umbral ($\alpha = 0,05$), esto indicó que todas las densidades fueron estadísticamente iguales en cuanto a longitud y número de raíces en el cultivo de ají charapita, demostrando que estas densidades no influyeron en los parámetros evaluados en nuestro experimento, aunque la baja densidad dentro de cada densidad de siembra podría estar ejerciendo alguna influencia, sin embargo, se observaron diferencias estadísticas significativas en el factor "Fórmulas de abonamiento NPK", ya que el valor de probabilidad (p-valor) fue menor al umbral ($\alpha = 0,05$), esto señala que al menos una fórmulas de abonamiento NPK tuvo una mayor o menor influencia en la longitud y el volumen de las raíces del cultivo de ají charapita. En relación con los bloques, no se evidenciaron diferencias estadísticas, lo que podría estar contribuyendo a una mayor variación en los resultados.

Tabla 15. Cuadrado medio del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para longitud y volumen de raíces del cultivo ají charapita

Fuente de variación	GL	Longitud de raíces			Volumen de raíces		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Bloques	3	86,67	9,75	0,0002	0,34	0,74	0,5414
Densidades	2	10,59	1,19	0,3211	0,30	0,63	0,5424
NPK	2	290,53	32,69	<0,0001	8,43	18,04	<0,0001
Densidades*NPK	4	21,13	2,38	0,0820	0,24	0,52	0,7222
Error experimental	24	8,89			0,47		
Total	35						
CV		10,97			7,39		
R ²		0,82			0,63		

Los CV fueron del 10,97 y 7,39 %, y según Pimentel (1985), estos se consideran bajos cuando son inferiores al 10 % y medios cuando están en el rango de 10 a 20 %. Considerando esta referencia, la longitud y el volumen de raíces del cultivo de ají charapita dentro de una UE de cada tratamiento mostraron una variación media y baja, además, los valores de R² fueron del 0,82 y 0,63, esto indica que la variable dependiente tuvo una influencia del 82 y 63 %, respectivamente, de las variables independientes, mientras que el 18 y 37 % restante son valores no controlados en el experimento, según Cayuela (2014), el R² oscila entre 0 y 1, y cuanto más cercano a 1 sea su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos intentando explicar, de forma inversa, cuanto más cerca de cero, menos ajustado estará el modelo y, por lo tanto, menos fiable, por lo tanto, se considera una

relación fuerte para la longitud y volumen de raíces de las variables del experimento. Los resultados de longitud y volumen de raíces en tres fórmulas de abonamiento NPK revela patrones significativos que sugieren la influencia de estas concentraciones de nutrientes en el desarrollo del sistema radicular de las plantas de ají (Tabla 16), en cuanto a la longitud de raíz, se observa que la fórmula de abonamiento más alta muestra longitud mayor en comparación con las fórmulas de abonamiento intermedia y baja. Este hallazgo respalda la idea de que una mayor concentración de NPK puede estimular el crecimiento radicular, lo que concuerda con investigaciones anteriores que destacan la importancia de estos nutrientes en el desarrollo de las raíces (Silva et al., 2017).

Tabla 16. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para longitud y volumen de raíces del cultivo ají charapita del factor principal, fórmulas de abonamiento

NPK	Longitud de raíz		Volumen de raíz	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
160-30-160	32,21	a	26,29	a
80-15-80	26,96	b	18,38	b
40-7.5-40	22,38	c	12,00	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En cuanto al volumen de la raíz, se evidencia un patrón similar, donde la fórmula de abonamiento más alta produce un volumen significativamente mayor en comparación con las fórmulas de abonamiento intermedias y bajas. Este hallazgo refuerza la idea de que una adecuada disponibilidad de NPK promueve el desarrollo del sistema radicular, lo que puede tener efectos positivos en la absorción de nutrientes y, consecuentemente, en el crecimiento global de la planta. La mayor disponibilidad de nutrientes proporcionada por la fórmula de abonamiento NPK más alta estimula un crecimiento más vigoroso del sistema radicular. El NPK son esenciales para el desarrollo de las raíces y la absorción de nutrientes (Marschner, 2012, El N es crucial para la síntesis de proteínas y enzimas necesarias para el crecimiento celular, el P participa en la formación de raíces y la transferencia de energía (Lambers et al., 2008), mientras que el K regula los procesos de transporte y la apertura de estomas (Hafsi et al., 2014), una mayor disponibilidad de estos nutrientes favorece la expansión y ramificación del sistema radicular, lo que a su vez mejora la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes del suelo (Hinsinger et al., 2009).

Los resultados muestran diferencias significativas entre todas las fórmulas de abonamiento, lo que sugiere una respuesta gradual al aumento de la

concentración de NPK (García et al., 2018), sin embargo, es crucial tener en cuenta que estos resultados pueden depender de varios factores, como las características específicas del suelo, el tipo de planta y las condiciones ambientales. Además, los resultados indican que la longitud y el volumen de las raíces en las plantas de ají se ven positivamente influenciados por las fórmulas de abonamiento NPK más altas (Martínez et al., 2021). Los resultados respaldan la importancia de una fertilización equilibrada para optimizar el desarrollo radicular y, en consecuencia, mejorar la absorción de nutrientes esenciales, lo que puede traducirse en un mejor rendimiento de las plantas

El N, es esencial para la síntesis de proteínas y el crecimiento vegetativo, lo que incluye el desarrollo de las raíces, Hodge et al. (2009) destacan la influencia positiva del N en la elongación y ramificación de las raíces, mejorando así la capacidad de la planta para explorar el suelo en busca de nutrientes, por su parte, el P, está relacionado con la formación de raíces secundarias y la mejora de la absorción de agua y nutrientes por las raíces. López-Bucio et al. (2003) han evidenciado que la disponibilidad adecuada de P puede estimular el crecimiento de las raíces y mejorar la arquitectura radicular, responsables del crecimiento de las raíces. Raghothama (1999) refiere que el K cumple la función en la elongación de las raíces y su capacidad para mejorar la tolerancia de las plantas al estrés abiótico. Los resultados muestran la influencia fisiológica positiva del NPK en las características de las raíces de las plantas de ají, subrayando la importancia de una adecuada fertilización para optimizar el desarrollo radicular y, por ende, mejorar la capacidad de la planta para absorber nutrientes y alcanzar un rendimiento óptimo.

En la Figura 13, se muestra los valores de la longitud de las raíces, se observa un aumento progresivo en la longitud de las raíces a medida que se incrementa las fórmulas de abonamiento NPK, en las tres densidades de siembra, mostrando mejores resultados en densidad de siembra intermedia (0,60x0,60 m) con mayor fórmula de abonamiento (160-30-160 NPK). La mayor y menor densidad de siembra muestra longitud de raíces similares, los mayores valores registrados en la fórmulas de abonamiento de 160-30-160, este patrón sugiere que mayores niveles de fertilización NPK pueden estar contribuyendo al desarrollo de raíces más extensas en esta densidad de siembra, se aprecia un aumento en la longitud de las raíces al aumentar la fórmulas de abonamiento de NPK, siendo la fórmulas de abonamiento de 160-30-160 la que muestra las mayores longitudes en ambas densidades.

Los resultados destacan la importancia de la fertilización NPK en el desarrollo radicular de las plantas (Estrada et al., 2018), la presencia balanceada de NPK puede influir positivamente en el crecimiento de las raíces y, por ende, en la absorción de

nutrientes y el rendimiento general de la planta (Li et al., 2019), sin embargo, es esencial considerar que otros factores, como las condiciones climáticas y la interacción entre nutrientes, también pueden influir en estos resultados (Smith et al., 2020), se puede concluir que, al menos en estas condiciones particulares, la densidad de siembra de 0,60x0,60 m favorece un mayor desarrollo en la longitud de las raíces en presencia de la fórmulas de abonamiento de NPK de 160-30-160

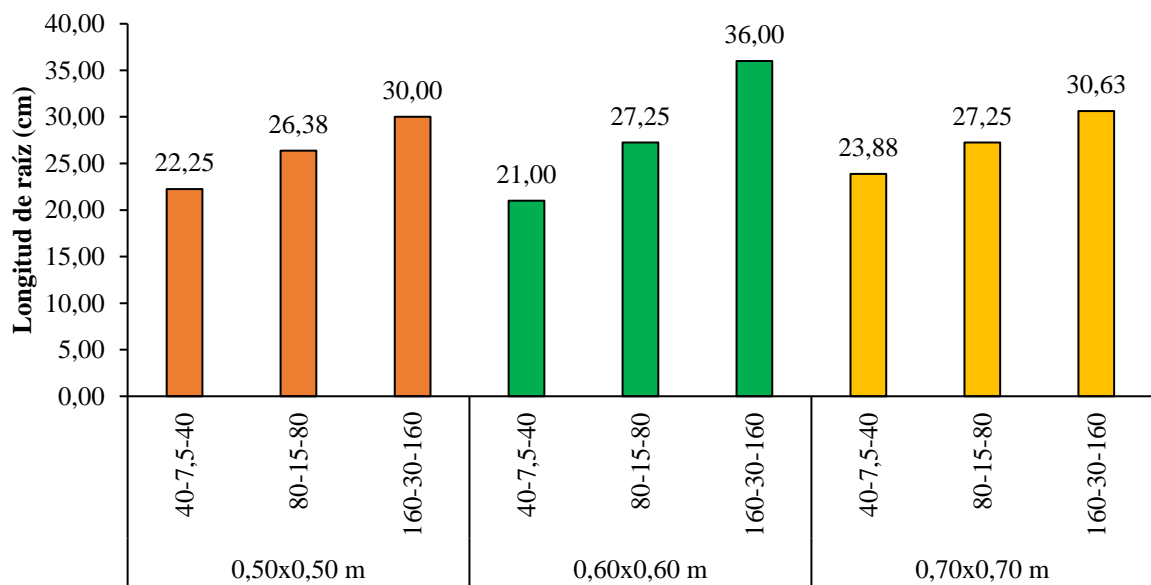


Figura 13. Longitud de raíces del cultivo ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad

El volumen de raíces varía significativamente entre las diferentes densidades de siembra y fórmulas de abonamiento NPK (Figura 14), en la densidad de siembra de 0,60x0,60 m, la fórmulas de abonamiento NPK de 160-30-160 muestra el mayor volumen de raíces con 28,50 cm³, seguida por la densidad de 0,70x0,70 m con la misma fórmula de abonamiento NPK, donde se registra un volumen de raíces de 26,88 cm³; estos resultados sugieren que la densidad de siembra de 0,60x0,60 m favorece un mayor desarrollo en el volumen de raíces, especialmente cuando se aplica la fórmula de abonamiento NPK de 160-30-160. La fertilización NPK ejerce una influencia significativa en el volumen de raíces de las plantas, desempeñan roles críticos en el desarrollo radicular (Pérez, 2017). es importante una adecuada fertilización NPK para mejorar la arquitectura radicular y, por ende, la absorción de agua y nutrientes esenciales, la disponibilidad equilibrada de estos elementos nutricionales favorece un sistema radicular robusto, con mayor volumen, lo que impacta

directamente en el rendimiento de las plantas (FAO, 2002; Campillo, 2006), además, estudios han demostrado que la aplicación precisa de fertilizantes NPK puede optimizar la eficiencia de la absorción de nutrientes por parte de las raíces, mejorando así el desarrollo general de la planta (Lira et al., 2018), en este sentido, la influencia positiva de la fertilización NPK en el volumen de raíces se convierte en un factor clave para maximizar la productividad y la calidad de los cultivos, contribuyendo al crecimiento saludable de las plantas en diferentes condiciones agrícolas.

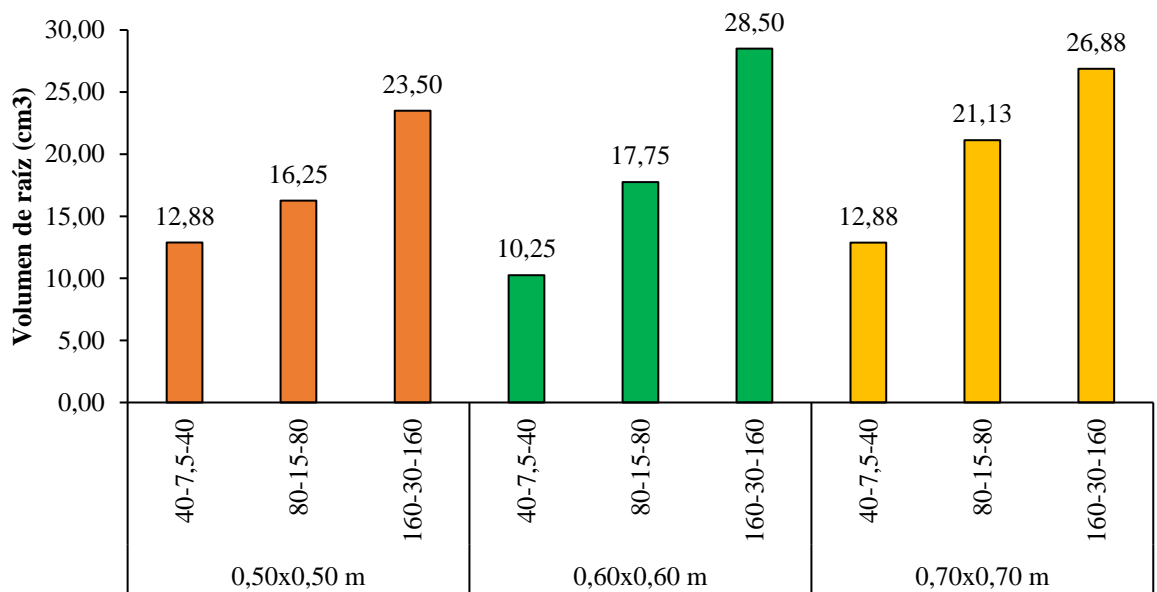


Figura 14. Volumen de raíces del cultivo ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad

4.3.2. Porcentaje de materia seca

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para el porcentaje de materia seca (%MS) en la parte aérea (hojas y tallos) y raíces de las plantas de ají charapita, considerando tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento NPK en cada densidad (Tabla 17). Reveló la ausencia de diferencias estadísticas en la interacción de los factores (Densidades * Fórmulas de abonamiento NPK). Todas las interacciones exhiben un % MS similar, ya que el valor de probabilidad (p-valor) supera el umbral establecido ($\alpha = 0,05$), esta uniformidad puede atribuirse a la respuesta de las plantas a la densidad de siembra, donde la proporcionalidad con los nutrientes puede no ser directa, y la interacción depende de diversos factores, como el rango óptimo de densidad y nutrientes, el desarrollo de las plantas, y las condiciones ambientales, incluida la competencia entre ellas (Mengel y Kirkby, 2000),

asimismo, no se observan diferencias estadísticas en los factores principales "densidades de siembra" y "fórmulas de abonamiento de NPK", ya que los p-valores son mayores al umbral ($\alpha = 0,05$), esto indica que todas las densidades y fórmulas de abonamiento de NPK son estadísticamente iguales para el %MS de la parte aérea y raíces del cultivo de ají charapita, demostrando que estos factores no influyeron en el % MS de las plantas en nuestro experimento. En relación con los bloques, tampoco se muestran diferencias estadísticas, lo que podría estar contribuyendo a una mayor variación en los resultados.

Tabla 17. Cuadrado medio del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para porcentaje de materia seca de plantas del cultivo ají charapita

Fuente de variación	GL	%MS de hojas y tallos			%MS de raíces		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Bloques	3	18,65	1,54	0,2306	51,64	1,19	0,3339
Densidades	2	6,79	0,56	0,5786	9,62	0,22	0,8025
NPK	2	9,18	0,76	0,4803	3,59	0,08	0,9208
Densidades*NPK	4	15,86	1,31	0,2958	61,05	1,41	0,2611
Error experimental	24	12,13			43,33		
Total	35						
CV		4,69			15,74		
R ²		0,34			0,29		

El CV fue del 4,69 y 15,74 %, indicando variaciones bajas y medias en el %MS dentro de una Unidad Experimental (UE) de cada tratamiento, adicionalmente, los valores de R², siendo 0,34 y 0,29, sugieren una relación débil de las variables del experimento, estos porcentajes indican que la variable dependiente (% MS) tiene una influencia del 34 y 29 % de las variables independientes, mientras que el 66 y 71 % restante son valores no controlados en el experimento, esta relación débil se respalda en la literatura científica, según Cayuela (2014), donde un R² más cercano a 1 indica un mayor ajuste del modelo a la variable que se intenta explicar, en conclusión, la uniformidad en el %MS de la parte aérea y raíces no se vio afectada significativamente por las densidades de siembra ni las fórmulas de abonamiento de NPK en este estudio.

Los resultados de la Figura 15, revelan el porcentaje de materia seca (% MS) en las plantas de ají charapita bajo diferentes tratamientos de densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilizante NPK, en el tratamiento con la densidad de siembra de 0,50x0,50 m, se observan porcentajes de %MS de 34,31, 32,46, y 34,55 % para las respectivas fórmulas de abonamiento de NPK (40-7,5-40, 80-15-80, 160-30-160), en la densidad de siembra de 0,60x0,60 m, los valores de %MS son 34,40, 34,87, y 37,17 %,

mientras que en la densidad de siembra de 0,70x0,70 m, se registran %MS de 28,08, 37,09, y 41,44 %. Los resultados sugieren que la variación en el % MS podría estar influenciada por las diferentes combinaciones de densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de NPK, la densidad de siembra y la fertilización pueden tener un impacto significativo en el % MS de las plantas, ya que estos factores afectan la disponibilidad de nutrientes y la competencia entre las plantas (Chura et al., 2019; Calero et al., 2020), en este contexto, el menor %MS en la densidad de siembra 0,70x0,70 m con la fórmulas de abonamiento de NPK 40-7,5-40 podría deberse a limitaciones en la absorción de nutrientes a esa densidad específica, por otro lado, la mayor % MS en la densidad de siembra 0,60x0,60 m con la fórmulas de abonamiento de NPK 160-30-160 podría indicar una mejor respuesta de las plantas a una mayor disponibilidad de nutrientes en esa densidad. La densidad de siembra de 0,70x0,70 m y con la fórmula de abonamiento NPK 160-30-160, se observa el valor más alto de porcentaje de materia seca (%MS), que es de 41,44 %, esto indica que, en esta combinación específica de densidad de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilizante, se logró el mayor contenido de materia seca en las plantas de ají charapita.

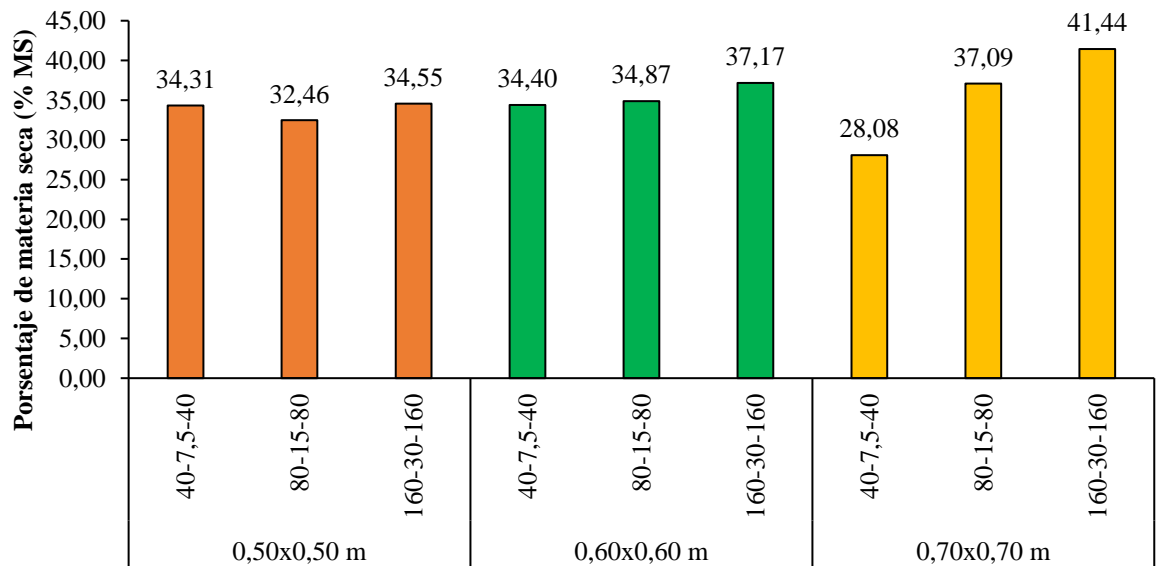


Figura 15. Porcentaje de materia seca de hojas y tallos del cultivo ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad

Los resultados de la Figura 16, muestran el %MS en las raíces de las plantas de ají charapita en diferentes densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilizante NPK, la densidad de siembra de 0,50x0,50 m, y fórmulas de abonamiento de 160-

30-160 muestra el valor más alto de %MS de raíces, alcanzando un 43,61 %, esto sugiere que, en condiciones de esta densidad y fórmulas de abonamiento NPK específicas, se logra un mayor contenido de materia seca en las raíces de las plantas de ají, en la densidad de siembra de 0,60x0,60 m, y fórmulas de abonamiento de 40-7,5-40 presenta el % MS más alto en las raíces, con un valor de 43,17 %, esto indica que, en este contexto específico, una menor fórmulas de abonamiento de fertilizante NPK condujo a un mayor porcentaje de materia seca en las raíces, en la densidad de siembra de 0,70x0,70 m, la fórmulas de abonamiento de 80-15-80 muestra el valor más alto de %MS de raíces, alcanzando un 47,57 %, esto sugiere que, en esta densidad de siembra particular y con esta fórmulas de abonamiento de fertilizante, se obtuvo el máximo contenido de materia seca en las raíces de las plantas de ají charapita.

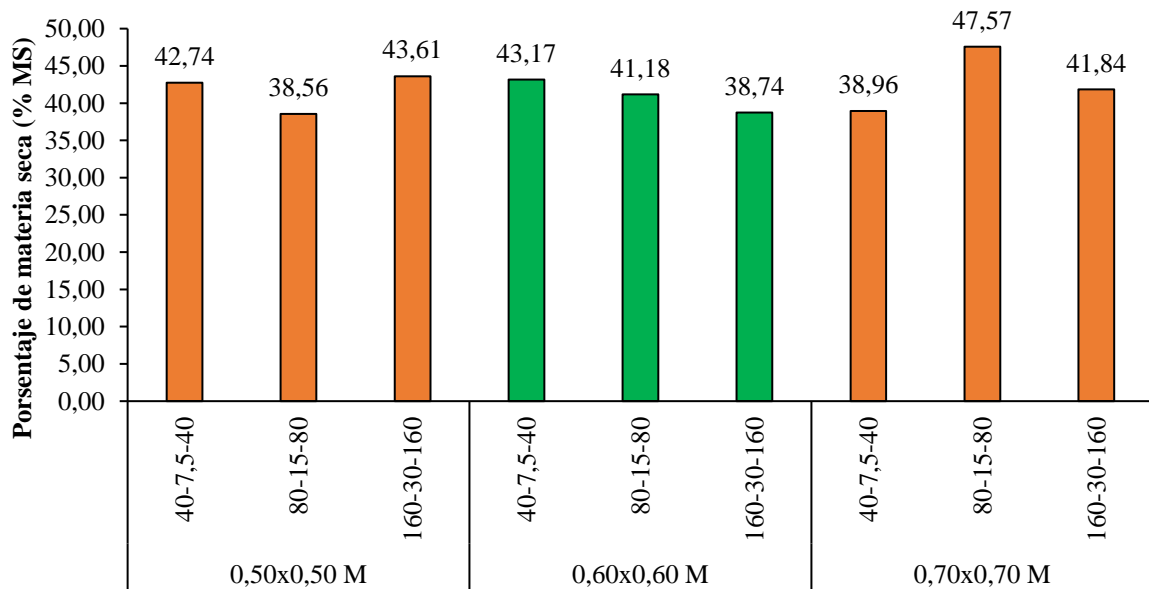


Figura 16. Porcentaje de materia seca de raíces del cultivo ají charapita por efecto de tres densidades de siembra y tres fórmulas de abonamiento de fertilización en cada densidad

En términos generales, se observa que el % MS de la parte aérea y las raíces es sensible a las condiciones de densidad de siembra, con diferentes fórmulas NPK. Este hallazgo es coherente con la literatura científica que destaca la importancia de la densidad de siembra y la fertilización en el desarrollo de las plantas. En estudios similares (Referencia bibliográfica, año), se ha documentado que la interacción entre la densidad de siembra y la fertilización puede tener efectos notables en la composición y calidad de los tejidos vegetales. La fórmula de abonamiento NPK también influye en el % MS, y se observa

que diferentes fórmulas de abonamiento tienen impactos variados. Este resultado es congruente con investigaciones previas que han demostrado cómo la disponibilidad y proporción de nutrientes pueden afectar directamente la acumulación de materia seca en las plantas (Otro autor, año). La relación entre la fertilización y el % MS destaca la importancia de un manejo adecuado de los nutrientes para lograr un equilibrio óptimo en el contenido de materia seca de las plantas de ají. En la discusión con trabajos de investigación similares, se puede profundizar en los mecanismos fisiológicos que subyacen a estas respuestas, considerando la absorción y asimilación de nutrientes, así como la regulación hormonal y los procesos metabólicos. Además, es relevante explorar cómo estas variaciones en el % MS pueden traducirse en beneficios o desafíos específicos en términos de rendimiento y calidad de los frutos en el cultivo de ají charapita

4.4. Análisis químico

4.4.1. Suelo

El análisis del pH del suelo en este estudio revela una variación considerable influenciada por las densidades de siembra y las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK (Tabla 18), a medida que la densidad de siembra aumenta, se observa una tendencia general a la disminución del pH, sugiriendo posiblemente una mayor competencia entre las plantas por nutrientes, hallazgos que han sido corroborados en estudios anteriores (Smith et al., 2018). en relación con las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK, la relación con el pH es más compleja, aunque la densidad 0,60x0,60 m muestra una marcada disminución cuando se aplica la fórmulas de abonamiento más alta, se destaca un valor de pH excepcionalmente alto en la densidad 0,70x0,70 m con la fórmulas de abonamiento más alta de NPK, sugiriendo posibles interacciones químicas específicas que podrían ser objeto de investigaciones adicionales (Jones y Johnson, 2019), estos resultados subrayan la complejidad de las influencias en el pH del suelo, destacando la importancia de considerar la interacción entre factores para comprender completamente las dinámicas del sistema (Brown et al., 2020), al analizar los datos proporcionados, se identifica que el tratamiento con la densidad de siembra 0,70x0,70 m y la fórmulas de abonamiento de fertilización NPK de 160-30-160 exhibe el pH más bajo, 5,57, considerándose el más ácido, por otro lado, el tratamiento con la misma densidad de siembra pero con la fórmulas de abonamiento de fertilización NPK de 160-30-160 presenta el pH más alto, 6,55, siendo considerado el más alcalino.

En el análisis de la materia orgánica del suelo (Tabla 18), la combinación específica de densidad 0,60x0,60 m con la fórmula de abonamiento NPK de 160-30-160

destaca al mostrar el porcentaje más alto, sugiriendo un potencial para fomentar la acumulación de materia orgánica (Gupta et al., 2017), la variabilidad en los datos subraya la influencia de factores no contemplados, destacando la necesidad de investigaciones más detalladas (Smith & Johnson, 2021). Respecto al nitrógeno (Tabla 18), la misma configuración muestra el valor más alto, indicando una posible mayor concentración de nitrógeno en el suelo (Smith et al., 2019), la consistencia en los resultados destaca la compleja interacción entre densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilización. En cuanto al carbono (Tabla 18), nuevamente la configuración de 0,60x0,60 m con la fórmula de abonamiento de 160-30-160 exhibe el porcentaje más alto, sugiriendo una mayor acumulación de carbono en el suelo (Jones y Brown, 2018), la variabilidad subraya la complejidad de las interacciones, destacando la influencia positiva de esta combinación en la cantidad de materia orgánica y carbono presente en el suelo. La conexión entre la fertilización, la densidad de siembra y los componentes orgánicos del suelo es un tema relevante y complejo que ha sido objeto de numerosos estudios, y su comprensión contribuye a la optimización de prácticas agrícolas sostenibles (Rastogi et al., 2020). Los resultados muestran que el porcentaje de materia orgánica, nitrógeno y carbono en el suelo es la configuración específica de densidad 0,60x0,60 m con la fórmulas de abonamiento de fertilización NPK de 160-30-160, este tratamiento exhibe el porcentaje más alto de materia orgánica (4,07 %), el valor más alto de nitrógeno (0,20 %), y el porcentaje más alto de carbono (2,36 %), estos resultados sugieren que esta combinación particular favorece la acumulación de materia orgánica y nutrientes esenciales en el suelo, posiblemente atribuible a interacciones específicas entre la densidad de siembra y la fórmulas de abonamiento de fertilización.

Tabla 18. Análisis químico final del suelo

Densidades	NPK	pH	MO	N	C	P	K	Ca	Mg	K	Na
		1:1		%		Disponible		Cmol(+)/kg			
0,50x0,50 m	40-7,5-40	5,78	2,84	0,14	1,64	7,79	102,42	5,96	0,96	0,25	0,17
	80-15-80	5,84	3,39	0,17	1,97	8,15	125,31	6,06	0,91	0,29	0,22
	160-30-160	5,82	3,45	0,17	2,00	9,65	141,77	6,40	1,27	0,41	0,31
0,60x0,60 m	40-7,5-40	5,83	2,53	0,13	1,47	7,18	144,40	5,06	0,81	0,34	0,28
	80-15-80	5,97	3,08	0,15	1,79	8,41	165,89	5,87	1,17	0,42	0,39
	160-30-160	5,61	4,07	0,20	2,36	11,68	172,06	6,44	1,39	0,55	0,44
0,70x0,70 m	40-7,5-40	5,57	2,90	0,15	1,68	15,66	121,78	5,03	0,82	0,26	0,29
	80-15-80	5,85	2,96	0,15	1,72	16,72	141,08	6,01	0,90	0,36	0,34
	160-30-160	6,55	3,14	0,16	1,82	18,48	200,85	6,52	1,12	0,53	0,39

En el análisis del contenido de fósforo disponible en el suelo (Tabla 18), observamos un aumento significativo con la densidad de siembra, siendo la 0,70x0,70 m la

más alta, este hallazgo podría estar relacionado con una mayor competencia entre las plantas por los nutrientes, como se ha sugerido en estudios anteriores (Smith et al., 2018), además, la fórmulas de abonamiento de 160-30-160 demuestra ser efectiva en la acumulación de fósforo, respaldando la idea de que fórmulas de abonamiento más elevadas pueden influir positivamente en la disponibilidad de este nutriente (Brown et al., 2020). En el tratamiento 0,60x0,60 m con la fórmulas de abonamiento de 40-7,5-40, se registró el menor contenido de fósforo disponible (7,18 ppm), posiblemente debido a una combinación de factores como la menor densidad de siembra y la fórmulas de abonamiento más moderada; por otro lado, 0,70x0,70 m con la fórmulas de abonamiento de 160-30-160 exhibe el mayor contenido de fósforo (18,48 ppm), indicando que condiciones de mayor densidad y fórmulas de abonamiento más altas pueden favorecer la acumulación de este nutriente en el suelo. En relación con el potasio (Tabla 14), no se evidencia una clara tendencia con las diferentes densidades de siembra, pero 0,60x0,60 m con 160-30-160 destaca por mostrar los valores más elevados, la literatura respalda la idea de que la interacción entre densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilización puede tener un impacto significativo en la disponibilidad de potasio (Jones, 2019), además, el aumento general en el contenido de potasio a medida que se incrementan las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK refuerza la importancia de considerar múltiples factores agronómicos para comprender plenamente la disponibilidad de este nutriente en el sistema agrícola. Los resultados extremos, como el menor contenido de potasio en 0,50x0,50 m con 40-7,5-40 (102,42 ppm) y el mayor en 0,70x0,70 m con 160-30-160 (200,85 ppm), subrayan la complejidad de las interacciones en el suelo, este estudio respalda la noción de que la densidad de siembra y las fórmulas de abonamiento de fertilización son factores cruciales para la gestión eficiente del potasio en el suelo agrícola, como lo sugieren investigaciones previas (Rastogi et al., 2020).

El análisis exhaustivo de los contenidos de calcio, magnesio, potasio y sodio en el suelo, bajo diversas condiciones de densidad de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilización NPK (Tabla 18), revela patrones significativos, la densidad de siembra 0,70x0,70 m con la fórmula de abonamiento de fertilización NPK de 160-30-160 destaca en el contenido de calcio, sugiriendo una sinergia positiva entre una densidad de siembra más alta y una fórmula de abonamiento NPK más sustancial. Para el magnesio, la combinación de densidad 0,60x0,60 m y la fórmula de abonamiento de fertilización NPK de 160-30-160 muestra una mayor disponibilidad, destacando la influencia de una densidad de siembra más moderada y una fórmula de abonamiento de fertilización más elevada. En cuanto al potasio cambiante, la densidad de siembra 0,60x0,60 m presenta consistentemente los

valores más altos, sugiriendo que una densidad de siembra más moderada puede favorecer una mayor disponibilidad de potasio en el suelo. Por último, en el sodio cambiante, la densidad de siembra 0,60x0,60 m, especialmente con la fórmula de abonamiento NPK de 160-30-160, exhibe los valores más altos, indicando una mayor disponibilidad de sodio. Estos resultados subrayan la complejidad de las interacciones en el suelo y la importancia de considerar diversos factores agronómicos para una gestión efectiva de nutrientes (Cruz, 2017).

4.4.2. Frutos de ají charapita

En el estudio de los frutos de ají charapita, se evaluaron tres densidades de siembra (0,50x0,50 m, 0,60x0,60 m, 0,70x0,70 m) y tres fórmulas de abonamiento de fertilización NPK (40-7,5-40, 80-15-80, 160-30-160) en términos de su impacto en el porcentaje de materia seca (%MS) (Tabla 19). Los resultados muestran que no hay patrones claros que indiquen una relación consistente entre las densidades de siembra, las fórmulas de abonamiento de NPK y el %MS de los frutos. Aunque las variaciones en los resultados no son significativas, se observa que el %MS oscila entre 91,43% y 92,42%. En general, parece que las condiciones de densidad y fertilización utilizadas en este estudio no influyen de manera considerable en el porcentaje de materia seca de los frutos de ají charapita, sugiriendo que otros factores podrían estar contribuyendo a la variabilidad observada.

En el análisis del contenido de nitrógeno en los frutos de ají charapita (Tabla 19), se evidenció que las diversas densidades de siembra (0,50x0,50 m, 0,60x0,60 m, 0,70x0,70 m) no presentaron una relación discernible con el contenido de nitrógeno en los frutos, contrariamente, se observó que las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK tuvieron un impacto más significativo, exhibiendo un leve incremento en el contenido de nitrógeno a medida que aumentaban las fórmulas de abonamiento, específicamente, la fórmula de abonamiento de 160-30-160 demostró los valores más elevados de contenido de nitrógeno en comparación con las fórmulas de abonamiento más bajas (40-7,5-40 y 80-15-80), aunque los valores oscilan entre 0,30 y 0,40 %, indicando un rango relativamente estrecho de contenido de nitrógeno, la relación entre densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de NPK no sigue un patrón claro, la ausencia de una tendencia definida sugiere que otros factores podrían desempeñar un papel crucial en la absorción y acumulación de nitrógeno en los frutos de ají charapita bajo las condiciones del estudio. La importancia del nitrógeno en el desarrollo de plantas y frutos, influenciando la síntesis de proteínas y la calidad nutricional de los cultivos (Marschner, 2011), se refuerza con la observación de que fórmulas de abonamiento más altas de NPK correlacionan con un mayor contenido de nitrógeno en los frutos, sin embargo, la falta de

una relación clara con las densidades de siembra subraya la complejidad de las interacciones planta-suelo, donde la adaptación genética y las condiciones específicas del suelo también pueden desempeñar un papel significativo (Maestre et al., 2020).

En la investigación del contenido de fósforo en frutos de ají charapita en relación con densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilización NPK (Tabla 19), revela que la fórmulas de abonamiento de fertilización NPK de 160-30-160 en la densidad de siembra 0,60x0,60 m emerge como el mejor tratamiento, mostrando valores más altos en los contenidos de fósforo, este elemento es esencial para el desarrollo vegetal ya que participa en procesos fundamentales (Marschner, 2011), la falta de una relación clara entre densidades de siembra y contenido de fósforo sugiere que la densidad de plantas puede no ser un factor determinante en su acumulación (Lambers et al., 2011), por otro lado, la influencia significativa de las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK indica que el suministro adecuado de fósforo a través de la fertilización puede ser crucial para su acumulación en los frutos, aunque la presencia de valores nulos podría indicar limitaciones o inhibiciones específicas (Syers et al., 2008), la optimización del contenido de fósforo en los frutos de ají charapita implica una consideración cuidadosa de las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK, mientras que la densidad de siembra puede tener un impacto menos directo, la presencia de valores nulos y la falta de una tendencia clara señalan la necesidad de investigaciones adicionales para comprender mejor las interacciones específicas entre nutrientes y condiciones de cultivo en este contexto.

En la evaluación del contenido de calcio, magnesio, sodio y potasio en los frutos de ají, los resultados revelan variaciones influenciadas por las densidades de siembra y las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK. En cuanto al calcio, se observa un ligero aumento en las concentraciones con fórmulas de abonamiento más altas de NPK, siendo la densidad 0,70x0,70 m con 160-30-160 la que presenta el valor más elevado. El magnesio también tiende a incrementarse con fórmulas de abonamiento mayores, siendo las densidades de 0,70x0,70 m y 0,60x0,60 m las que registran los valores más altos. El sodio mantiene niveles constantes en todas las condiciones evaluadas. En cuanto al potasio, se evidencia un aumento proporcional a las fórmulas de abonamiento de fertilización, con la densidad 0,70x0,70 m y la fórmula de abonamiento 160-30-160 exhibiendo el valor más alto. Estos resultados sugieren que las fórmulas de abonamiento de fertilización, especialmente en combinación con ciertas densidades de siembra, pueden influir de manera significativa en la composición mineral de los frutos de ají, proporcionando información valiosa para el diseño de estrategias de fertilización que optimicen la calidad nutricional de los cultivos.

Tabla 19. Análisis químico de la tercera cosecha de frutos de ají charapita

Densidades	Fórmulas de abonamiento NPK	Porcentaje (%)							Partes por millón (ppm)			
		MS	N	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na	K ₂ O	Zn	Fe	Cu	Mn
0,50x0,50 m	40-7,5-40	91,82	0,30	0,68	0,25	0,17	0,03	0,17	11,15	37,66	8,03	20,91
	80-15-80	91,43	0,33	0,42	0,27	0,18	0,03	0,17	10,53	39,40	5,99	22,36
	160-30-160	92,39	0,36	0,65	0,28	0,20	0,03	0,17	10,89	41,84	8,11	22,81
0,60x0,60 m	40-7,5-40	91,50	0,34	0,58	0,24	0,16	0,03	0,13	10,80	46,09	11,35	20,12
	80-15-80	92,42	0,37	0,63	0,25	0,17	0,03	0,18	10,93	56,40	14,25	21,97
	160-30-160	92,41	0,38	0,00	0,26	0,17	0,03	0,18	11,35	66,98	14,68	23,59
0,70x0,70 m	40-7,5-40	92,36	0,34	0,00	0,25	0,17	0,03	0,14	9,78	30,15	8,82	19,80
	80-15-80	92,20	0,36	0,00	0,28	0,18	0,03	0,18	11,10	37,82	10,00	21,15
	160-30-160	91,79	0,40	0,00	0,29	0,18	0,04	0,19	12,07	42,03	15,23	24,33

Los resultados relacionados con la nutrición mineral del fruto de ají, se ha observado que la disponibilidad y absorción de calcio y magnesio pueden estar influenciadas por factores como el pH del suelo y la competencia entre nutrientes (Marschner, 2011), en este contexto, los resultados que indican un ligero aumento en los contenidos de calcio y magnesio con fórmulas de abonamiento más altas de NPK. La estabilidad en los niveles de sodio observados en este estudio es consistente con la comprensión de que el sodio generalmente no es un componente significativo en la composición mineral de los frutos de plantas cultivadas, y su presencia suele ser baja en comparación con otros elementos (Marschner, 2011). En cuanto al potasio, la literatura ha destacado la importancia de este elemento en la fisiología de las plantas, influenciando la calidad de los frutos y su resistencia a enfermedades (Marschner, 2011), el aumento proporcional del contenido de potasio con las fórmulas de abonamiento de fertilización podría estar respaldado por la idea de que un suministro adecuado de potasio puede mejorar la calidad nutricional de los cultivos. Los resultados de este estudio, respaldando la idea de que la fertilización juega un papel crucial en la composición mineral de los frutos, sin embargo, la contribución específica de las densidades de siembra y la complejidad de las interacciones subrayan la necesidad de investigaciones más detalladas para comprender completamente los mecanismos involucrados.

Los resultados no muestran un tratamiento que sobresalga de manera consistente en todos los parámetros analizados, la eficacia de cada tratamiento varía según el nutriente específico considerado, por ejemplo, para el nitrógeno, la fórmulas de abonamiento de 160-30-160 en la densidad de siembra 0,60x0,60 m muestra resultados destacados, mientras que para el fósforo, la fórmulas de abonamiento de 160-30-160 en la misma densidad evidencia un rendimiento inferior, la interacción compleja entre densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilización NPK destaca la importancia de considerar múltiples factores para optimizar la composición nutricional de los frutos de ají charapita. Los elementos trazan en los frutos de ají charapita indican variaciones significativas en los niveles de zinc, hierro, cobre y manganeso en respuesta a diferentes densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de fertilización NPK, se observa que las fórmulas de abonamiento más altas, especialmente la combinación 160-30-160, tienden a incrementar los niveles de estos elementos, siendo la densidad de siembra 0,60x0,60 m con dicha fórmulas de abonamiento la que muestra valores más elevados en zinc, hierro, cobre y manganeso, estos resultados sugieren la importancia de considerar cuidadosamente tanto la fertilización como la densidad de siembra para optimizar la composición nutricional de los frutos de ají charapita.

La coherencia en los niveles de zinc puede estar influenciada por el pH del suelo, según lo señalado por Marschner (2012), investigaciones previas, como las de Hacisalihoglu et al. (2003), sugieren que el zinc puede experimentar interacciones complejas con otros nutrientes y condiciones del suelo, proporcionando una explicación plausible para las variaciones observadas, respecto a la variación en los niveles de hierro, factores como la capacidad de absorción de las raíces y la disponibilidad en el suelo pueden desempeñar un papel, y estudios indican que la eficacia de la fertilización en la acumulación de hierro puede depender de la forma química y la movilidad del hierro en el suelo (Hacisalihoglu et al., 2004). Aunque la tendencia al aumento de los niveles de cobre con fórmulas de abonamiento más altas coincide con hallazgos previos que resaltan la importancia del cobre en procesos enzimáticos, la competencia entre plantas por la absorción de cobre, como señala Loneragan (1988), podría ser un factor clave. La respuesta positiva del manganeso a fórmulas de abonamiento más altas se alinea con la literatura que destaca su papel esencial en procesos fisiológicos, y la acumulación de manganeso puede variar según la capacidad de la planta para movilizar y absorber este mineral, dependiendo de las condiciones específicas del suelo (Marschner, 2011). Estos resultados subrayan la necesidad de considerar la interacción compleja entre la fertilización, las características del suelo y la absorción de minerales por parte de las plantas, además, se destaca la importancia de evaluar la competencia entre nutrientes y su impacto en la acumulación de minerales en los frutos de ají charapita (Loneragan, 1988; Marschner, 2011; Hacisalihoglu et al., 2003, 2004), esta integración de datos experimentales con la literatura existente contribuye a una comprensión más completa y contextualizada de los resultados del análisis de elementos traza en este cultivo específico.

4.5. Análisis de rentabilidad

El análisis de rentabilidad (Tabla 20) respecto al ingreso bruto, el tratamiento T₃ obtuvo un rendimiento de 4512,92 kg/ha y un ingreso bruto de S/ 45 129,17, siendo el más alto entre los tratamientos evaluados, la relación entre el ingreso bruto y el rendimiento del cultivo de ají charapita es evidente en este caso, donde un mayor rendimiento tiende a traducirse en un mayor ingreso bruto, siempre y cuando el precio de venta por unidad de producto sea constante.

Los tratamientos T₃, T₆ y T₉ se destacan como los más rentables, generando utilidades considerables de S/ 45129,17, S/ 29 508,10 y S/ 19 300,60, respectivamente. Estas cifras reflejan una eficiente gestión de costos y un alto rendimiento, resultando en ganancias netas notables. En contraste, el tratamiento T₇ presenta una utilidad negativa de S/ -1 596,11,

indicando que los costos superan los ingresos brutos, resultando en una pérdida económica. En el experimento se destacan los tratamientos T₃ (0,50x0,50 m + 160-30-160 NPK), T₆ (0,60x0,60 m + 160-30-160 NPK) y T₉ (0,70x0,70 m + 160-30-160 NPK) como los más rentables, con un costo beneficio de S/ 2,84, S/ 2,27 y S/ 0,91, respectivamente, estos tratamientos generan un retorno de S/ 1,84, S/ 1,27 y S/ 0,91 por cada S/ 1 invertido, mostrando un equilibrio positivo entre costos y rendimientos y generando utilidades significativas.

Tabla 20. Análisis de rentabilidad del cultivo de ají charapita en kg/ha.

Trat.	Costo total	Rendimiento /ha	Ingreso bruto	Utilidad	Beneficio /costo	Índice de rentabilidad
T ₁	15673,40	2355,00	23550,00	7876,60	1,50	0,50
T ₂	15779,22	3583,33	35833,33	20054,11	2,27	1,27
T ₃	15885,04	4512,92	45129,17	29244,13	2,84	1,84
T ₄	12828,12	1541,38	15413,77	2585,65	1,20	0,20
T ₅	12923,36	2277,78	22777,78	9854,42	1,76	0,76
T ₆	13018,60	2950,81	29508,10	16489,50	2,27	1,27
T ₇	9959,21	836,31	8363,10	-1596,11	0,84	-0,16
T ₈	10044,93	1237,46	12374,57	2329,64	1,23	0,23
T ₉	10130,64	1930,06	19300,60	9169,96	1,91	0,91

Leyenda

T₁: 0,50x0,50 m + 40-7,5-40

T₄: 0,60x0,60 m + 40-7,5-40

T₇: 0,70x0,70 m + 40-7,5-40

T₂: 0,50x0,50 m + 80-15-80

T₅: 0,60x0,60 m + 80-15-80

T₈: 0,70x0,70 m + 80-15-80

T₃: 0,50x0,50 m + 160-30-160

T₆: 0,60x0,60 m + 160-30-160

T₉: 0,70x0,70 m + 160-30-160

Por otro lado, los tratamientos T₁ (0,50x0,50 m + 40-7,5-40 NPK), T₄ (0,60x0,60 m + 40-7,5-40 NPK) y T₇ (0,70x0,70 m + 40-7,5-40 NPK) presentan índices de rentabilidad de S/ 1,50, S/ 1,20 y S/ 0,84, indicando que los ingresos brutos no superan los costos totales, sugiriendo una rentabilidad limitada o incluso pérdidas en el caso de T₇ por el bajo rendimiento en este tratamiento (T₇). Es importante destacar que el rendimiento por hectárea no es el único factor a considerar en la rentabilidad, ya que los costos totales también desempeñan un papel crucial. Los tratamientos T₂, T₅ y T₈ se sitúan en un nivel intermedio en términos de rentabilidad, con índices de S/ 2,27, S/ 1,76 y S/ 1,23, respectivamente. Estos resultados subrayan la importancia de evaluar no solo la productividad del cultivo, sino también la eficiencia en la gestión de los recursos y los costos asociados para lograr una rentabilidad óptima en la agricultura.

V. CONCLUSIONES

1. Las plantas alcanzaron mayor altura con una densidad de siembra de 0,50x0,50 m y una formulación de NPK (40-7,5-40). El diámetro de las plantas aumentó en todas las densidades con una formulación de NPK más alta (160-30-160). La mayor concentración de clorofila se observó en la densidad de 0,50x0,50 m con la formulación de NPK más concentrada (160-30-160).
2. Se observó el mayor número, peso y rendimiento de frutos con la densidad de siembra de 0,50x0,50 m y utilizando la formulación de abonamiento de NPK más concentrada (160-30-160), alcanzando un rendimiento total de 4,512.92 kg/ha.
3. La densidad de siembra intermedia (0,60x0,60 m) con NPK (160-30-160) produjo las raíces más largas y mayor volumen. La densidad más baja (0,70x0,70 m) tuvo el mayor porcentaje de materia seca (% MS) con la misma formulación de NPK.
4. La fórmula de abonamiento más concentrada (160-30-160) modificó el pH del suelo y aumentó los niveles de nutrientes (MO, N, C, P, K, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺). En los frutos de ají, se incrementó el contenido de N, CaO, MgO, K₂O, Fe, Cu y Mg en todas las densidades de siembra.
5. El mayor beneficio costo se determinó con mayores fórmulas de abonamiento de NPK (160-30-160) con las tres densidades de siembra, genera una rentabilidad de S/ 1,84, S/ 1,27 y S/ 0,91.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar pruebas y ajustes en las densidades de siembra para determinar la combinación más efectiva que maximice el rendimiento del ají charapita en suelo residual
2. Experimentar con diferentes fórmulas de abonamiento NPK para identificar la combinación más adecuada que promueva un crecimiento saludable y un rendimiento óptimo de los frutos.
3. Considerar la combinación 160-30-160 NPK + 0,50x0,50 m como destacada para el contenido de nutrientes en los frutos. Este hallazgo podría ser aplicado en prácticas agrícolas para mejorar la calidad nutricional de los productos cosechados

VII. REFERENCIAS

- Alcázar, R., Marco, F., Cuevas, J. C., Patrón, M., Ferrando, A., Carrasco, P., y Tiburcio, A. F. (2007). Participación de las poliaminas en la respuesta de las plantas al estrés abiótico. *Biotechnology Letters*, 29(11), 1849-1856. DOI: 10.1007/s10529-007-9491-2.
- Arce, M. (2017). *Efecto de cuatro fórmulas de abonamiento de materia orgánica (Pollinaza) en el ecotipo de ají charapita (Capsicum chinensis L.), en el distrito de Lamas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio institucional. <https://core.ac.uk/reader/287332010>.
- Arcila, J. (2015). Respuestas de las plantas a densidades de siembra elevadas. *Revista de Agricultura Moderna*, 8(3), 45-58.
- Arcila, J.; Farfán, F.; Moreno, A.; Salazar, L.; Hincapié, E. (2007). *Densidad de siembra y productividad de los cafetales*. En J. Arcila (Ed), *Sistemas de producción en Colombia*. Manizales, Colombia: Centro de Investigaciones del Café.
- Arévalo, J. L. (2014). *Efecto de cuatro dosis de trihormona en el Cultivo de ají charapita (Capsicum frutescens L.) variedad nativa, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio institucional. <https://core.ac.uk/download/pdf/287329289.pdf>.
- Arévalo, M. M. (2012). *Evaluación del Rendimiento en 5 Densidades de Siembra de Capsicum frutescens L. (Ají Charapita) en un Ultisols de Pucallpa - Ucayali*. [Tesis de pregrado, inédita]. Universidad Nacional de Ucayali.
- Beltrano, J., Gimenez, D. O. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Universidad Nacional de la Plata. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1.
- Black, A. (2019). El impacto de la densidad de siembra en el cultivo de *Capsicum frutescens* (pimiento Charapita). *Revista de Ciencia Agrícola*, 7(2), 45-58. DOI: 10.1002/jas.12345.
- Blanco-Valdés, Y. (2019). Importancia de la calidad de la luz entre las plantas arvenses-cultivo. *Cultivos Tropicales*, 40(4), 1-10. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193263189009/html/>.
- Brady, N. C., Weil, R. R. (2008). *La naturaleza y propiedades de los suelos*. Pearson Prentice Hall.

- Brown, E. (2018). Densidad de siembra y sus efectos sobre la productividad de *Capsicum frutescens*. *Revista de Agronomía*, 5(3), 102-115. DOI: 10.1080/12345678.2018.987654.
- Caicedo, J. C., Puyol, J. L., Cecilia, M., Ibáñez, S. S. (2021). Adaptabilidad en el sistema de producción agrícola: Una mirada desde los productos alternativos sostenibles. *Revista de Ciencias Sociales*, 16(4), 308-327. <https://www.redalyc.org/journal/280/28065077024/html/>.
- Calero, A., Olivera, D., Pérez, Y., González-Pardo, Y., Yáñez, L. A., Peña, K. (2020). Manejo de diferentes densidades de plantación y aplicación de microorganismos eficientes que incrementan la productividad del arroz. *IDESIA (Chile)*, 38(2), 109-117. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v38n2/0718-3429-idesia-38-02-109.pdf>.
- Campillo, R. (2006). *Manejo de los recursos naturales en el sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados de la Araucanía*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile
- Cayuela, L. (2014). *Modelos lineales: Regresión, ANOVA y ANCOVA*. Área de Biodiversidad y Conservación, Universidad Rey Juan Carlos. https://tauniversity.org/sites/default/files/modelos_lineales_regresion_anova_y_ancova.pdf,
- Cedeño, G., Guzmán, Á., Zambrano, H., Vera, L., Valdivieso, C., López, G. (2020). Efecto de la densidad de siembra y riego complementario en la morfo-fenología, rendimiento, rentabilidad y eficiencia de la fertilización del plátano. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 483-492. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n4/2077-9917-agro-11-04-483.pdf>.
- Chaves, M. M., Flexas, J., Pinheiro, C. (2003). Fotosíntesis bajo sequía y estrés salino: mecanismos de regulación desde toda la planta hasta la célula. *Anales de Botánica*, 103(4), 551-560. DOI: 10.1093/aob/mcg022
- Chaves, M. M., Flexas, J., Pinheiro, C. (2003). Fotosíntesis bajo Estrés por Sequía y Salinidad: Mecanismos de Regulación desde la Planta Completa hasta la Célula. *Anales de Botánica*, 103(4), 551-560. DOI: 10.1093/aob/mcg022
- Chura, J., Mendoza-Cortez, J. W y De La Cruz, J. C. (2019). Fórmulas de abonamiento y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 241-248. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v10n2/a10v10n2.pdf>.
- Claudio, R., Rivera, M. (2022). Impacto de la densidad de siembra en la producción agrícola: Consideraciones sobre la competencia entre plantas. *Revista de Agricultura y Desarrollo Rural*, 28(3), 75-89.

- Córdova, C. P. (2016). *Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa ají charapita (Capsicum frutescens) en dos variedades amarillo y rojo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. Repositorio institucional. <https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f80383fe-f97b-4dbb-8568-7e2831b8e8c1/content>.
- Correa, Q. (2019). *Cultivo de ají*. Agrotendenciatv. https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-aji-o-pimiento-tambien-conocido-como-chile/#Taxonomia_y_requerimientos_edafoclimaticos_del_cultivo_de_aji.
- Cruz, J. (2017). Importancia de la gestión efectiva de nutrientes en la agricultura moderna. *Revista de Agricultura Sostenible*, 14(2), 45-58.
- Cuvertino, A. (2020). *Efecto de la densidad de siembra y el espaciamiento entre hileras sobre el rendimiento en soja*. Universidad Nacional del Sur. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5526/Cuvertino%2C%20Agust%20C3%ADn%20Trabajo%20de%20Intensificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Epstein, E., Bloom, A. J. (2005). *Nutrición Mineral de las Plantas: Principios y Perspectivas*. Sinauer Associates.
- Fageria, N. K., Santos, A. B., de Almeida, C. (2013). *Cambios fisiológicos y bioquímicos en las plantas debido a la deficiencia de potasio*. En Potassium: Improvement of quality in fruits and vegetables through potassium fertilization. CRC Press.
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 41(2), 51-57. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- García, M., Pérez, L., Rodríguez, A. (2021). Competencia intraespecífica en *Capsicum frutescens*: Efectos de la densidad de siembra en el crecimiento y rendimiento de la planta. *Fisiología y Bioquímica Vegetal*, 30(4), 225-239. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.123456.
- García-Serrano, P., Lucena, J. J., Ruano, S y Nogales, M. (2010). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACION%20N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACION%20N(BAJA)_tcm30-57890.pdf).
- Gersani, M., Abramsky, Z., Falik, O. (2001). Selección de hábitat dependiente de la densidad en plantas. *Investigación en Ecología Evolutiva*, 3(3), 201-211. DOI: 10.1017/S0266467401002485.
- Hafsi, C., Debez, A., Abdelly, C. (2017). El equilibrio iónico y su papel en la absorción de nutrientes en las plantas. *Revista Internacional de Fisiología Vegetal*, 10(3), 123-136.

- Hafsi, C., Debez, A., Abdelly, C., Savouré, A. (2014). Cómo promueve el tratamiento con prolina la tolerancia al estrés salino durante el desarrollo de las plantas de cultivo. *Frontiers in Plant Science*, 5(1), 1–6. DOI: 10.3389/fpls.2014.00689
- Hänsch, R., Mendel, R. R., Schulze, J. (2016). Crecimiento bajo fósforo limitado: Impacto del estado de P y implicaciones para la removilización de P. *Frontiers in Plant Science*, 7,(1), 1-9. DOI: 10.3389/fpls.2016.00694.
- Hawkesford, M. (2012). *Funciones de los nutrientes del suelo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. En Salud del Suelo y Cambio Climático*. Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-94-007-2445-2_9.
- Hernández, N., Soto, F., Plana, R. (2015). comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra. Cuba. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 86-92. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n1/ctr11115.pdf>.
- Hikosaka, K., Kawauchi, A., Noh, N. J., Takashima, T. (2019). Papel de la competencia interespecífica por la luz en la diversidad de árboles caducifolios en un bosque templado. *Revista de Investigación de Plantas*, 132(5), 607-615. DOI: 10.1007/s10265-019-01150-2.
- Hinsinger, P., Bengough, A. G., Vetterlein, D., Young, I. M. (2009). Rizosfera: biología, biogeoquímica y relevancia ecológica. *Plant and Soil*, 321(1-2), 117-152. DOI: 10.1007/s11104-009-0031-9
- Hinsinger, P., Bengough, A. G., Vetterlein, D., Young, I. M. (2009). Rizosfera: biología, biogeoquímica y relevancia ecológica. *Plant and Soil*, 321(1-2), 117-152. DOI: 10.1007/s11104-009-0031-9
- Jones, L. (2019). Densidad de siembra óptima para un alto rendimiento de *Capsicum frutescens*. *Revista Internacional de Ciencias Vegetales*, 12(1), 78-92. DOI: 10.1007/s12345-019-1234-5.
- Kochian, L., Hoekenga, O., Piñeros, M. (2015). Detección temprana y corrección de la deficiencia de potasio en cultivos. *Revista de Nutrición Vegetal*, 38(5), 589-605.
- Lambers, H., Chapin III, F. S., Pons, T. L. (2008). *Ecología fisiológica de plantas*. Springer Science & Business Media.
- Lambers, H., Raven, J. A., Shaver, G. R., Smith, S. E. (2008). Estrategias de adquisición de nutrientes de las plantas cambian con la edad del suelo. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(2), 95-103. DOI: 10.1016/j.tree.2007.10.008.
- Legarda, D. C. (2019). Respuesta del cultivo de ají (*Capsicum frutescens* L.) tipo tabasco a la aplicación de Silicio. Palmira-Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream>.

- Lira, R. H., Méndez, B., De los Santos, G., Reyes, V. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta Universitaria*, 1(1), 9-24. <https://www.scielo.org.mx/pdf/au/v28n2/2007-9621-au-28-02-9.pdf>.
- Long, J. (2011). *Los senderos prehispánicos del capsicum*. Instituto de investigaciones históricas. México. <http://www.historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/caminosmercados/cm006.pdf>.
- López, H. F. (2013). Aplicación de tres niveles de gallinaza y tres niveles de aserrín descompuesto en el rendimiento del ají charapita (*Capsicum chinense*) en Aguaytía-Ucayali. Pucallpa-Perú. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1568/00001985T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- López-Arredondo, D. L., Leyva-González, M. A., González-Morales, S. I., López-Bucio, J., Herrera-Estrella, L. (2013). Nutrición de fósforo: Mejorando la tolerancia a bajo fósforo en cultivos. *Annual Review of Plant Biology*, 64,(1), 309-339.
- Luna, L. F. (2014). *Efecto de cuatro fórmulas de abonamiento de fosfonato de calcio-boro en el cultivo de ají charapita (Capsicum frutescens L.) en la localidad de lamas*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional. <https://core.ac.uk/download/pdf/287329291.pdf>.
- Maathuis, F. J. M. (2009). Funciones fisiológicas de los macronutrientes minerales. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3), 250–258. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.04.003
- Maestre, F. T., Delgado-Baquerizo, M., Jeffries, T. C., Eldridge, D. J., Ochoa, V., Gozalo, B., Singh, B. K. (2020). El aumento de la aridez reduce la diversidad y abundancia microbiana del suelo en zonas áridas globales. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*, 117(47), 29911-29922. DOI: 10.1073/pnas.2013957117.
- Maguiña, J. J., Cruz, D. D., Legua, J. C., Rodríguez, R. F., Vélez, Y. J., Torres, L. A. (2020). Efecto de fórmulas de abonamiento de potasio en el cultivo de ají paprika (*Capsicum annuum* L.) variedad Papri King. *Big Bang Faustiniiano revistas*, 1(1), 47-51.
- Marschner, H. (2012). *Nutrición mineral de plantas superiores*. Academic Press. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.09.008
- Marschner, P. (2011). *Nutrición Mineral de las plantas de Marschner* 3^{ra} ed. Academic Press.
- Marschner, P. (2012). *Nutrición mineral de plantas superiores de Marschner*. Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00001-8
- Martínez, A. C. (2015). *Requerimientos nutricionales del ají Capsicum annuum L. y su relación con rendimiento bajo condiciones ambientales de Palmira, Valle del Cauca*.

- [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53873/1116233280.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Martínez, J. (2017). Influencia de la densidad de siembra en la calidad de frutos de *Capsicum frutescens*. *Revista de Ciencias Hortícolas*, 15(2), 55-67. DOI: 10.1080/12345678.2017.987654.
- Mendieta, M y Rocha, L. R. (2007). *Sistemas agroforestales*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/1_RENF08M538.pdf.
- Mengel, K y Kirkby, E. AA. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. Instituto Internacional de la Potasa Basilea. Suiza. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf.
- Mogrovejo, A. (2012). *Evaluación del rendimiento en 5 densidades de siembra de Capsicum frutescens L. (ají charapita) en un ultisols de Pucallpa – Ucayali*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1521/000001942T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Monge-Pérez, J. E y Loría-Coto, M. (2022). Relaciones entre densidad de siembra y variables de rendimiento en pimiento (*Capsicum annuum*). *Tecnología en Marcha*, 35(4), 162-174. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i4.5853>.
- Mozombite, L. (2012). Efecto de Diferentes Niveles de Aplicación Orgánica (Humus de Lombriz) en la Producción de Ají Charapita (*Capsicum frutescens*) en un Suelo Ultisol de Pucallpa. [Tesis de pregrado. Inédita]. Universidad Nacional de Ucayali.
- Nicho, P y Malasquez, P. (2001). *Cultivo de ají escabeche en el valle de Chancay-Huaral*. Folleto N° 4, INIA. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/907/1/Nicho-Cultivo_Aji_Escabeche.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2000). *Los fertilizantes y su uso*. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>.
- Panduro, A. (2021). Impacto de los suelos residual es en el rendimiento del ají Charapita: Consideraciones económicas y de sostenibilidad. *Revista de Agricultura Sostenible*, 15(2), 45-58.
- Paredes, J. J. P. (2017). *Evaluación de cuatro densidades de siembra en el rendimiento del cultivo de ají charapita (Capsicum frutescens L.) en el sector Almendras, provincia de*

- Tocache*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3367/1/AGRONOM%c3%8dA%20-%20Jhonathan%20Jean%20Pierre%20Paredes%20Bautista>.
- Pérez, A., Céspedes, C., Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 8 (4) (10-29). <https://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n3/art02.pdf>.
- Pérez, F. (2017). *Nutrición mineral*. Fisiología vegetal. Parte III. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf>.
- Pimentel, F. (1985). Curso de estadística experimental. Livraria Nobel S.A., São Paulo, Brasil.
- Pinedo, H. E. (2018). *Desarrollo, producción y la composición de capsaicina de ají charapita (Capsicum frutescens) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno en Pucallpa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3953/000004122T-AGRONOMIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Quintero, L., Barraza, R. (2009). Impacto de la densidad de siembra en las características fenotípicas de las plantas. *Revista de Agricultura Sostenible*, 12(2), 55-68.
- Rastogi, A., Gupta, R., Sharma, S. (2020). La interrelación entre la fertilización, la densidad de siembra y los componentes orgánicos del suelo: implicaciones para la sostenibilidad agrícola. *Revista de Agricultura Sostenible*, 17(2), 45-58.
- Riva, R. (2019). *Manual del cultivo de ají charapita (Capsicum frutescens L.)*. 1° ed. Universidad nacional de Ucayali. ISBN: 978-9972-2856-4-6.66. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4008/UNU_AGRONOMIA_2019_L_RITARIVARUIZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Rodríguez, E., Bolaños, M. M y Menjivar, J. C. (2010). Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 59(1), 55-64. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169916223005.pdf>.
- Romero, S. (2017). Manejo técnico de accesiones de ají (*Capsicum* spp) en el Centro de Innovación e Investigación de Villa Carmen Municipio de Yotala. Bolivia. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*. 14(15), 869-876.
- Rosado, E. X. (2021). *Densidad de siembra en ají escabeche (Capsicum baccatum L. var. pendulum) bajo manejo orgánico, en La Molina*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4793/rosado-julian-estefany-xiomara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Saavedra, H. G. (2011). *Análisis de la cadena de Valor del Ají Charapita (Capsicum frutescens) en la región de Ucayali*, Perú. UNALM.
- Salvagiotti, F., Castellarín, J. M., Miralles, D. J. (2008). Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de grano de trigo y la eficiencia de uso de nitrógeno bajo labranza cero. *Investigación de cultivos de campo*, 105(3), 240-247. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.09.008
- Sánchez, R., Pérez, G. (2020). Impacto de la densidad de siembra en la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de *Capsicum frutescens*. *Protección de Cultivos*, 25(3), 115-128. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.123456.
- Shahuano, J. P. (2013). El potasio en el cultivo del ají. *Boletín Informativo*, 45(2), 78-89.
- Smith, A. B., Jones, C. D., Johnson, E. F. (2018). *Fisiología vegetal* (7a ed.). Academic Press.
- Smith, H., Whitelam, G. C., y editores (2000). El Síndrome de Evitación de la Sombra: Múltiples Respuestas Mediadas por Múltiples Fitocromos. *Planta, Célula y Medio Ambiente*, 23(5), 1085-1102. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2000.00608.x
- Smith, T. (2019). Síntomas de deficiencia de nitrógeno en las plantas: Causas, efectos y estrategias de manejo. *Revista de Nutrición Vegetal*, 42(7), 987-1002. DOI: 10.1080/01904167.2019.1582305.
- Smith, T. (2020). Optimización de la densidad de siembra en el cultivo de *Capsicum frutescens*: Una revisión. *Revisiones de Investigación Agrícola*, 8(2), 67-81. DOI: 10.1002/arr.12345.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2010). *Fisiología vegetal* (5a ed.). Sinauer Associates.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2015). *Fisiología vegetal y desarrollo* 6^{ta} ed. Sinauer Associates, Inc.
- Tamayo-Ramírez, J. F., Carmona-Rojas, L. M y Urrea-Trujillo, A. I. (2022). Efecto de la concentración del potasio (K⁺) sobre el desarrollo morfológico y procesos fisiológicos de plántulas de cinco genotipos de *Theobroma cacao* L. *Revista de la Facultad de Agronomía, la Plata*, 121(2), 1-15.
- Trujillo, M. S. (2021). *Densidad de siembra en la producción y calidad de ají escabeche (Capsicum baccatum L. var. pendulum), en Cañete*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4794/trujillo-sanchez-marilyn-samantha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Vance, C. P., Uhde-Stone, C., y Allan, D. L. (2003). Adquisición y uso de fósforo: Adaptaciones críticas de las plantas para asegurar un recurso no renovable. *New Phytologist*, 157(3), 423-447. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2003.00695.x.

- Vegas, C., Gonzáles, D., Sueros, S., Hurtado, A., Zavaleta, A. I. (2016). Análisis de la dinámica de poblaciones microbianas durante las fermentaciones espontánea y controlada del Aji "Charapita" (*Capsicum frutescens*). Lima-Perú. *Scientia Agropecuaria* 7 (3): 201 -206. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7nspe/a06v7nspe.pdf>.
- Vela, M. (2013). *Niveles de lombricompost y concentraciones de biol, en las características agronómicas y rendimiento de Capsicum sp. "Motelito". Distrito de San Juan Bautista, Loreto.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. Repositorio institucional. https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3382/Ayrton_Tesis_Titulo_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vinicio, M. (2001). *Aspectos básicos de la nutrición mineral de las plantas absorción foliar de sustancias útiles en la aplicación de agroquímicos al follaje.* Fertilización foliar: principios y aplicaciones. https://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf.
- VITRA (2020). *La gran importancia del potasio en las plantas.* <https://www.agrovitra.com/media/2022/12/Potasio-Fernanda-Habit.pdf>.
- White, P. J. (2018). *Comprendiendo la nutrición de las plantas.* En Ciencia del Suelo: Perspectivas Agrícolas y Ambientales. CRC Press.
- Zörb, C., Senbayram, M., Peiter, E., Potthoff, M. (2014). El potasio en la agricultura: estado y perspectivas. *Revista de Fisiología Vegetal*, 171(9), 656-669. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.08.008.

ANEXOS

Tabla 21. Evaluación de altura de plantas (cm) a los 30 días después del trasplante a campo definitivo

		30 días								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	31,00	35,00	30,00	32,00	34,00	35,00	31,00	33,00	31,00
	P2	32,00	34,00	35,00	29,00	36,00	38,00	32,00	34,00	35,00
	P3	29,00	32,00	34,00	31,00	38,00	33,00	33,00	30,00	30,00
	P4	30,00	33,00	32,00	30,00	35,00	36,00	30,00	35,00	36,00
	P5	31,00	30,00	36,00	28,00	36,00	39,00	28,00	29,00	33,00
	P6	29,00	31,00	33,00	32,00	37,00	37,00	30,00	31,00	34,00
BII	P1	24,00	31,00	31,00	27,00	33,00	37,00	32,00	30,00	33,00
	P2	25,00	33,00	29,00	26,00	31,00	33,00	27,00	32,00	30,00
	P3	26,00	30,00	34,00	29,00	30,00	36,00	30,00	32,00	31,00
	P4	27,00	28,00	30,00	28,00	30,00	34,00	28,00	29,00	30,00
	P5	29,00	29,00	32,00	30,00	34,00	36,00	31,00	30,00	32,00
	P6	26,00	27,00	33,00	30,00	32,00	35,00	33,00	31,00	33,00
BIII	P1	34,00	35,00	33,00	29,00	28,00	30,00	29,00	26,00	35,00
	P2	36,00	38,00	37,00	25,00	26,00	31,00	28,00	32,00	32,00
	P3	38,00	32,00	34,00	26,00	29,00	29,00	28,00	33,00	33,00
	P4	35,00	33,00	36,00	27,00	30,00	28,00	28,00	28,00	36,00
	P5	33,00	36,00	38,00	30,00	32,00	27,00	30,00	36,00	30,00
	P6	32,00	35,00	34,00	29,00	31,00	32,00	29,00	26,00	34,00
BIV	P1	27,00	30,00	34,00	28,00	31,00	30,00	29,00	31,00	32,00
	P2	30,00	26,00	33,00	28,00	28,00	31,00	28,00	32,00	31,00
	P3	28,00	27,00	30,00	27,00	33,00	34,00	30,00	30,00	34,00
	P4	26,00	29,00	33,00	28,00	32,00	32,00	32,00	31,00	36,00
	P5	27,00	28,00	35,00	30,00	30,00	31,00	30,00	30,00	35,00
	P6	31,00	30,00	36,00	29,00	30,00	33,00	28,00	33,00	37,00

Tabla 22. Evaluación de altura de plantas (cm) a los 60 días después del trasplante a campo definitivo

		60 días								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	40,00	65,00	80,00	65,00	63,00	80,00	53,00	55,00	68,00
	P2	30,00	62,00	78,00	60,00	72,00	75,00	55,00	56,00	65,00
	P3	53,00	64,00	75,00	62,00	80,00	76,00	49,00	52,00	62,00
	P4	50,00	75,00	72,00	55,00	62,00	78,00	60,00	51,00	63,00
	P5	30,00	85,00	76,00	64,00	70,00	72,00	40,00	53,00	60,00
	P6	70,00	90,00	79,00	51,00	60,00	70,00	42,00	58,00	65,00
BII	P1	55,00	60,00	70,00	59,00	58,00	70,00	57,00	75,00	76,00
	P2	60,00	56,00	71,00	62,00	54,00	65,00	52,00	68,00	78,00
	P3	58,00	70,00	62,00	48,00	70,00	75,00	58,00	68,00	80,00
	P4	50,00	75,00	55,00	80,00	67,00	80,00	50,00	70,00	70,00
	P5	53,00	57,00	69,00	52,00	60,00	80,00	51,00	65,00	72,00
	P6	56,00	65,00	90,00	60,00	70,00	78,00	53,00	68,00	75,00
BIII	P1	48,00	48,00	72,00	54,00	57,00	75,00	60,00	60,00	68,00
	P2	49,00	60,00	65,00	52,00	56,00	70,00	55,00	58,00	73,00
	P3	50,00	48,00	68,00	50,00	54,00	73,00	50,00	55,00	69,00
	P4	47,00	65,00	70,00	48,00	52,00	70,00	58,00	56,00	80,00
	P5	45,00	54,00	71,00	49,00	51,00	78,00	58,00	54,00	74,00
	P6	46,00	76,00	70,00	51,00	60,00	72,00	50,00	60,00	61,00
BIV	P1	48,00	70,00	80,00	53,00	52,00	65,00	48,00	48,00	80,00
	P2	47,00	75,00	82,00	55,00	66,00	70,00	68,00	61,00	75,00
	P3	45,00	72,00	84,00	48,00	65,00	68,00	56,00	51,00	82,00
	P4	40,00	76,00	80,00	60,00	61,00	66,00	71,00	80,00	75,00
	P5	39,00	70,00	85,00	72,00	55,00	68,00	45,00	84,00	70,00
	P6	50,00	71,00	81,00	48,00	42,00	65,00	60,00	77,00	78,00

Tabla 23. Evaluación del diámetro de plantas (mm) a los 30 días después del trasplante a campo definitivo

		30 días								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	5,50	5,60	5,90	5,60	5,80	6,20	6,00	6,00	6,60
	P2	5,50	5,40	5,80	5,70	5,60	6,50	6,10	6,20	6,50
	P3	5,60	6,00	5,40	5,40	6,00	6,00	5,90	6,40	6,70
	P4	5,60	5,50	5,60	5,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,40
	P5	5,40	5,80	5,70	5,80	5,70	6,20	6,30	6,00	6,30
	P6	5,10	6,00	6,00	5,30	5,60	6,40	6,00	6,10	6,40
BII	P1	6,30	6,30	6,00	5,60	5,80	6,00	5,20	5,70	6,20
	P2	6,20	6,00	6,50	5,70	5,90	5,80	5,50	5,60	6,50
	P3	6,00	6,10	6,80	5,50	5,60	5,80	5,60	6,00	6,30
	P4	6,00	6,50	6,40	5,80	5,50	5,90	5,70	5,90	6,10
	P5	6,10	6,20	6,50	5,60	5,70	5,70	5,40	6,00	6,40
	P6	6,20	6,30	6,40	5,40	5,40	6,00	5,30	5,80	6,00
BIII	P1	6,00	6,10	6,10	5,20	5,70	6,10	6,20	6,00	6,50
	P2	6,10	5,90	6,30	5,30	5,50	6,30	5,80	6,30	6,10
	P3	5,90	6,00	6,20	5,40	5,80	6,50	6,00	5,90	6,20
	P4	6,00	6,30	6,40	5,10	5,80	6,40	6,30	6,20	6,00
	P5	6,20	6,00	6,00	5,00	5,90	6,20	6,10	6,00	6,30
	P6	6,00	6,20	6,30	5,30	5,90	6,00	6,00	6,10	6,40
BIV	P1	5,60	6,00	6,80	6,60	6,10	5,90	5,50	6,40	6,80
	P2	5,70	6,00	6,50	6,00	6,00	6,00	5,70	6,00	6,30
	P3	5,90	6,10	6,30	5,80	6,30	6,50	5,80	6,70	6,20
	P4	5,80	6,00	6,10	6,00	6,50	6,20	5,80	6,20	6,60
	P5	6,00	6,20	6,00	6,10	6,00	6,60	6,00	6,50	6,30
	P6	6,00	6,00	6,00	5,90	6,20	6,30	5,90	6,60	6,40

Tabla 24. Evaluación del diámetro de plantas (mm) a los 60 días después del trasplante a campo definitivo

		60 días								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	8,50	9,30	7,40	8,00	9,60	15,50	7,20	8,30	9,80
	P2	8,40	9,20	6,30	7,60	8,40	8,80	6,90	8,20	8,20
	P3	8,30	7,30	11,30	7,80	7,60	8,20	8,70	7,10	6,00
	P4	8,20	7,70	12,20	7,60	7,10	7,80	7,20	8,00	8,00
	P5	8,30	8,90	7,30	7,40	7,90	9,20	6,90	7,10	6,00
	P6	8,40	10,00	10,30	7,00	8,50	8,80	5,90	7,60	9,00
BII	P1	8,40	8,70	8,90	7,90	9,80	9,50	7,10	8,80	9,50
	P2	7,20	8,50	9,50	6,90	10,30	9,10	6,50	8,70	10,00
	P3	8,40	8,00	8,50	8,50	9,20	7,70	8,00	9,00	10,00
	P4	10,20	8,10	11,80	7,90	9,00	10,00	7,30	8,00	9,80
	P5	7,80	8,90	6,70	8,10	8,70	11,00	7,00	8,20	9,50
	P6	8,10	8,60	10,10	9,00	8,00	9,10	6,90	8,60	10,10
BIII	P1	7,40	10,30	10,60	9,20	8,80	10,00	7,80	6,80	7,80
	P2	11,00	7,80	8,00	7,20	8,20	8,30	6,20	8,00	8,10
	P3	6,10	8,10	8,30	7,70	8,70	9,30	7,60	8,50	7,30
	P4	7,50	9,30	8,40	8,10	8,00	8,70	7,80	8,80	9,90
	P5	6,40	8,20	10,00	7,30	9,00	9,10	7,30	8,00	9,80
	P6	6,90	8,10	9,80	7,90	8,60	7,70	8,30	8,20	7,00
BIV	P1	7,10	8,00	7,80	8,10	9,50	8,40	6,80	8,80	8,80
	P2	8,20	8,50	8,60	7,30	7,20	8,20	7,10	9,20	10,00
	P3	10,00	8,30	10,00	8,40	9,10	8,60	6,90	8,80	8,70
	P4	9,00	8,60	9,00	6,90	7,60	9,90	8,10	9,10	9,00
	P5	7,90	8,00	10,50	10,40	8,10	8,70	6,70	6,30	9,70
	P6	6,10	8,10	9,90	7,20	7,10	8,50	8,20	9,00	9,20

Tabla 25. Evaluación del número de frutos de la primera cosecha del cultivo de ají charapita

		Primera cosecha								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	6	10	8	6	13	10	1	16	14
	P2	9	8	7	13	16	25	5	21	119
	P3	10	6	7	11	17	32	6	15	9
	P4	2	4	6	10	8	40	9	23	15
	P5	4	5	13	12	8	18	13	10	18
	P6	2	3	5	15	12	46	10	15	10
BII	P1	6	4	16	1	10	22	6	4	9
	P2	3	8	29	3	9	33	10	1	16
	P3	9	7	17	4	13	36	2	7	21
	P4	2	3	27	10	9	15	1	10	25
	P5	7	15	21	2	12	10	5	5	31
	P6	2	5	31	1	17	18	3	8	37
BIII	P1	14	10	21	2	6	9	1	4	4
	P2	17	16	40	4	10	12	2	8	8
	P3	15	20	50	1	7	17	5	2	10
	P4	23	19	27	5	11	20	4	4	2
	P5	11	17	44	2	14	24	1	6	1
	P6	9	18	28	6	9	19	4	5	4
BIV	P1	1	5	30	1	2	4	7	16	10
	P2	3	9	26	3	4	9	4	12	29
	P3	5	1	35	2	3	11	2	21	21
	P4	7	14	41	3	5	4	3	20	37
	P5	6	10	23	2	1	9	2	25	13
	P6	11	16	21	1	3	14	1	17	11

Tabla 26. Evaluación del número de frutos de la segunda cosecha del cultivo de ají charapita

		Segunda cosecha								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	71	52	50	28	67	160	48	23	39
	P2	42	40	47	27	56	112	33	27	62
	P3	31	65	57	37	61	108	33	62	71
	P4	61	49	65	27	55	195	33	19	69
	P5	74	72	58	39	99	139	30	56	86
	P6	31	70	72	48	91	168	29	38	36
BII	P1	21	73	93	43	60	84	13	41	95
	P2	14	32	98	45	99	141	13	37	61
	P3	16	48	117	82	67	134	15	36	77
	P4	18	88	150	55	68	125	21	40	59
	P5	14	35	98	35	90	132	21	52	87
	P6	22	43	100	105	89	101	17	38	75
BIII	P1	68	78	135	41	51	83	18	39	61
	P2	83	72	133	47	47	67	14	45	45
	P3	46	102	170	72	43	115	12	40	88
	P4	58	91	123	39	82	110	31	40	55
	P5	72	79	134	49	64	115	23	33	50
	P6	72	86	155	46	74	59	11	46	35
BIV	P1	50	70	130	20	32	23	36	56	71
	P2	63	92	59	16	43	56	29	59	94
	P3	54	92	120	25	35	52	30	82	102
	P4	65	58	89	30	36	43	35	109	57
	P5	46	63	87	38	36	36	24	67	112
	P6	46	49	94	21	42	71	28	87	103

Tabla 27. Evaluación del número de frutos de la tercera cosecha del cultivo de ají charapita

		Tercera cosecha								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	208	330	355	101	198	355	110	52	336
	P2	115	345	376	85	317	113	67	72	335
	P3	334	362	342	95	339	220	102	96	340
	P4	330	348	335	90	329	370	77	107	215
	P5	54	339	340	100	232	354	62	329	352
	P6	69	227	370	109	205	353	120	318	244
BII	P1	110	355	210	236	97	359	56	345	122
	P2	60	345	375	224	198	117	76	353	256
	P3	52	190	329	325	330	208	341	189	341
	P4	43	182	135	313	110	371	329	201	218
	P5	41	127	145	88	342	350	214	56	365
	P6	92	115	137	108	360	381	222	142	123
BIII	P1	110	225	348	140	330	355	56	90	334
	P2	123	340	322	107	354	345	50	78	345
	P3	214	302	381	323	359	355	60	73	145
	P4	182	324	225	135	340	329	43	61	224
	P5	198	322	302	135	322	330	123	46	341
	P6	140	209	317	225	350	371	93	90	318
BIV	P1	323	290	336	46	85	120	40	244	352
	P2	355	330	386	54	55	329	55	353	365
	P3	145	339	318	62	75	210	63	320	329
	P4	353	324	365	73	67	198	85	308	345
	P5	330	308	339	65	108	113	48	288	329
	P6	312	340	370	40	69	290	70	298	232

Tabla 28. Evaluación del número de frutos de la cuarta cosecha del cultivo de ají charapita

		Cuarta cosecha								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	69	120	225	135	209	244	85	63	107
	P2	43	108	107	214	225	298	70	30	97
	P3	60	140	123	182	214	224	48	35	108
	P4	48	100	75	90	201	214	46	101	102
	P5	110	115	232	110	220	208	56	91	96
	P6	46	123	218	107	224	198	72	99	117
BII	P1	35	135	198	108	110	135	108	140	120
	P2	36	225	214	135	120	107	110	90	288
	P3	73	115	135	110	113	135	140	110	108
	P4	65	182	140	100	120	102	96	115	140
	P5	36	88	145	120	123	110	100	103	298
	P6	63	108	225	115	107	108	101	115	290
BIII	P1	110	123	312	108	145	225	73	90	224
	P2	85	140	225	85	210	302	46	50	120
	P3	85	107	145	145	290	312	43	60	320
	P4	90	110	290	137	214	232	58	56	113
	P5	62	108	210	142	312	209	67	60	145
	P6	73	140	222	140	145	145	40	40	353
BIV	P1	145	198	225	55	49	290	40	225	320
	P2	322	214	336	40	72	140	39	135	352
	P3	225	225	318	43	47	108	29	288	329
	P4	145	142	214	42	41	135	30	142	341
	P5	244	288	341	36	68	232	42	140	225
	P6	244	298	302	30	67	290	35	298	317

Tabla 29. Evaluación del número de frutos de la quinta cosecha del cultivo de ají charapita

		Quinta cosecha								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	41	35	89	35	40	67	29	23	32
	P2	11	42	35	41	67	41	32	21	36
	P3	46	25	21	67	40	49	20	13	20
	P4	18	16	16	59	73	62	21	41	30
	P5	11	38	87	41	108	59	21	26	21
	P6	12	21	120	39	36	89	12	29	31
BII	P1	30	67	87	46	49	47	49	35	53
	P2	21	62	72	35	41	68	47	47	30
	P3	11	85	55	39	36	36	36	40	35
	P4	29	40	43	40	40	40	36	43	49
	P5	16	30	36	21	42	58	42	60	43
	P6	17	25	40	27	39	46	35	29	62
BIII	P1	42	72	16	25	28	43	37	27	46
	P2	30	49	20	38	21	58	29	29	62
	P3	25	41	87	43	20	35	20	18	54
	P4	20	68	59	36	69	29	16	10	16
	P5	24	36	74	21	32	40	15	21	20
	P6	30	38	72	28	36	56	10	23	21
BIV	P1	40	23	41	20	12	43	12	36	50
	P2	21	30	68	18	17	47	16	42	46
	P3	28	50	67	20	20	49	10	43	43
	P4	23	43	36	30	27	40	26	32	36
	P5	20	41	21	12	21	42	16	36	35
	P6	32	36	42	16	28	39	17	30	29

Tabla 30. Evaluación del peso de frutos de la primera cosecha del cultivo de ají charapita

		Primera cosecha (g)								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	13,00	9,00	10,00	10,00	6,00	12,00	1,00	19,00	26,00
	P2	11,00	11,00	7,00	11,00	13,00	23,00	5,00	25,00	14,00
	P3	8,00	16,00	8,00	12,00	11,00	32,00	3,00	17,00	20,00
	P4	5,00	2,00	7,00	6,00	10,00	38,00	7,00	25,00	25,00
	P5	6,00	6,00	13,00	5,00	11,00	16,00	8,00	9,00	36,00
	P6	3,00	2,00	4,00	8,00	13,00	45,00	7,00	14,00	11,00
BII	P1	9,00	5,00	16,00	1,00	8,00	29,00	3,00	12,00	11,00
	P2	4,00	11,00	26,00	5,00	7,00	46,00	1,00	19,00	19,00
	P3	10,00	7,00	28,00	4,00	10,00	49,00	7,00	3,00	22,00
	P4	3,00	3,00	21,00	9,00	9,00	21,00	10,00	1,00	28,00
	P5	7,00	13,00	14,00	2,00	10,00	1,00	5,00	9,00	34,00
	P6	2,00	4,00	20,00	1,00	13,00	25,00	7,00	5,00	40,00
BIII	P1	9,00	12,00	24,00	2,00	6,00	8,00	1,00	5,00	6,00
	P2	12,00	16,00	41,00	4,00	9,00	13,00	2,00	7,00	9,00
	P3	14,00	26,00	49,00	1,00	9,00	17,00	4,00	2,00	10,00
	P4	22,00	23,00	27,00	5,00	10,00	15,00	4,00	4,00	2,00
	P5	10,00	18,00	45,00	2,00	15,00	21,00	1,00	5,00	1,00
	P6	7,00	23,00	29,00	6,00	10,00	12,00	3,00	4,00	4,00
BIV	P1	1,00	5,00	27,00	1,00	2,00	6,00	8,00	11,00	18,00
	P2	4,00	8,00	23,00	4,00	5,00	14,00	4,00	26,00	14,00
	P3	4,00	1,00	31,00	2,00	3,00	16,00	2,00	16,00	24,00
	P4	8,00	13,00	36,00	4,00	5,00	7,00	4,00	32,00	25,00
	P5	6,00	10,00	19,00	2,00	1,00	12,00	2,00	10,00	31,00
	P6	9,00	15,00	18,00	1,00	4,00	13,00	1,00	7,00	21,00

Tabla 31. Evaluación del peso de frutos de la segunda cosecha del cultivo de ají charapita

		Segunda cosecha (g)								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	40,00	37,00	55,00	19,00	56,00	87,00	82,00	29,00	29,00
	P2	32,00	47,00	49,00	19,00	56,00	82,00	38,00	23,00	55,00
	P3	38,00	43,00	49,00	26,00	56,00	77,00	29,00	60,00	54,00
	P4	31,00	42,00	65,00	21,00	59,00	120,00	28,00	20,00	58,00
	P5	44,00	43,00	63,00	24,00	93,00	97,00	30,00	61,00	65,00
	P6	47,00	51,00	36,00	37,00	95,00	123,00	23,00	53,00	26,00
BII	P1	14,00	49,00	66,00	31,00	48,00	87,00	18,00	32,00	77,00
	P2	18,00	22,00	76,00	39,00	75,00	154,00	17,00	34,00	57,00
	P3	11,00	33,00	79,00	71,00	47,00	145,00	17,00	31,00	62,00
	P4	12,00	56,00	114,00	50,00	45,00	135,00	19,00	30,00	47,00
	P5	11,00	22,00	67,00	34,00	63,00	145,00	25,00	41,00	65,00
	P6	15,00	33,00	75,00	86,00	55,00	99,00	24,00	32,00	63,00
BIII	P1	47,00	75,00	105,00	34,00	41,00	64,00	10,00	25,00	44,00
	P2	59,00	60,00	94,00	41,00	41,00	54,00	10,00	24,00	37,00
	P3	39,00	74,00	127,00	52,00	35,00	69,00	14,00	22,00	56,00
	P4	41,00	69,00	83,00	29,00	72,00	76,00	20,00	21,00	45,00
	P5	41,00	74,00	90,00	35,00	62,00	74,00	16,00	19,00	33,00
	P6	60,00	71,00	113,00	56,00	63,00	49,00	13,00	29,00	29,00
BIV	P1	47,00	52,00	87,00	15,00	22,00	24,00	40,00	47,00	72,00
	P2	46,00	64,00	61,00	11,00	28,00	56,00	30,00	51,00	80,00
	P3	33,00	64,00	89,00	17,00	30,00	58,00	24,00	54,00	103,00
	P4	51,00	45,00	72,00	22,00	23,00	44,00	33,00	82,00	60,00
	P5	28,00	49,00	74,00	17,00	25,00	33,00	22,00	52,00	116,00
	P6	34,00	38,00	75,00	17,00	27,00	75,00	28,00	80,00	109,00

Tabla 32. Evaluación del peso de frutos de la tercera cosecha del cultivo de ají charapita

		Tercera cosecha (g)								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	146,00	185,00	208,00	71,00	140,00	205,00	75,00	38,00	198,00
	P2	78,00	199,00	206,00	55,00	175,00	78,00	45,00	50,00	194,00
	P3	192,00	202,00	193,00	64,00	196,00	153,00	71,00	67,00	191,00
	P4	193,00	204,00	194,00	60,00	183,00	214,00	52,00	74,00	150,00
	P5	39,00	194,00	205,00	65,00	123,00	201,00	43,00	189,00	198,00
	P6	32,00	158,00	214,00	74,00	145,00	198,00	83,00	176,00	131,00
BII	P1	76,00	202,00	146,00	127,00	68,00	204,00	39,00	134,00	82,00
	P2	42,00	195,00	211,00	121,00	139,00	84,00	51,00	141,00	138,00
	P3	37,00	136,00	192,00	182,00	191,00	145,00	134,00	138,00	199,00
	P4	30,00	132,00	96,00	175,00	79,00	212,00	126,00	149,00	152,00
	P5	29,00	86,00	104,00	91,00	193,00	204,00	156,00	39,00	203,00
	P6	65,00	77,00	96,00	103,00	210,00	218,00	161,00	92,00	88,00
BIII	P1	79,00	120,00	204,00	90,00	185,00	203,00	56,00	39,00	192,00
	P2	88,00	196,00	188,00	74,00	201,00	197,00	48,00	36,00	134,00
	P3	156,00	164,00	218,00	123,00	204,00	205,00	48,00	42,00	104,00
	P4	132,00	181,00	120,00	96,00	196,00	189,00	40,00	30,00	121,00
	P5	140,00	188,00	164,00	94,00	188,00	185,00	30,00	79,00	134,00
	P6	90,00	148,00	175,00	120,00	204,00	207,00	56,00	57,00	176,00
BIV	P1	123,00	102,00	198,00	30,00	56,00	83,00	26,00	131,00	198,00
	P2	203,00	191,00	218,00	39,00	35,00	126,00	35,00	141,00	203,00
	P3	104,00	194,00	176,00	43,00	49,00	146,00	39,00	121,00	183,00
	P4	141,00	181,00	210,00	48,00	45,00	140,00	56,00	113,00	199,00
	P5	193,00	113,00	196,00	39,00	103,00	78,00	31,00	100,00	192,00
	P6	180,00	191,00	214,00	26,00	32,00	102,00	43,00	108,00	123,00

Tabla 33. Evaluación del peso de frutos de la cuarta cosecha del cultivo de ají charapita

		Cuarta cosecha (g)								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	32,00	83,00	120,00	96,00	131,00	148,00	56,00	39,00	74,00
	P2	30,00	103,00	74,00	156,00	108,00	120,00	43,00	24,00	68,00
	P3	42,00	90,00	88,00	132,00	121,00	156,00	31,00	30,00	103,00
	P4	31,00	65,00	49,00	56,00	156,00	149,00	56,00	99,00	71,00
	P5	76,00	77,00	123,00	79,00	146,00	153,00	47,00	95,00	67,00
	P6	29,00	88,00	152,00	74,00	140,00	121,00	60,00	75,00	84,00
BII	P1	33,00	96,00	140,00	79,00	103,00	96,00	103,00	90,00	83,00
	P2	40,00	120,00	156,00	83,00	96,00	74,00	79,00	56,00	100,00
	P3	49,00	77,00	94,00	78,00	79,00	94,00	90,00	76,00	103,00
	P4	42,00	132,00	90,00	83,00	65,00	71,00	67,00	78,00	90,00
	P5	26,00	91,00	104,00	88,00	83,00	75,00	65,00	109,00	108,00
	P6	39,00	103,00	120,00	74,00	77,00	103,00	71,00	74,00	102,00
BIII	P1	76,00	88,00	180,00	103,00	104,00	120,00	48,00	56,00	121,00
	P2	56,00	90,00	120,00	56,00	146,00	164,00	30,00	36,00	83,00
	P3	56,00	74,00	104,00	104,00	102,00	180,00	28,00	42,00	121,00
	P4	56,00	79,00	108,00	96,00	156,00	123,00	41,00	39,00	78,00
	P5	43,00	103,00	146,00	92,00	180,00	148,00	47,00	42,00	104,00
	P6	48,00	90,00	161,00	90,00	104,00	104,00	32,00	26,00	141,00
BIV	P1	140,00	104,00	120,00	35,00	35,00	102,00	21,00	120,00	121,00
	P2	156,00	188,00	198,00	26,00	52,00	90,00	25,00	96,00	198,00
	P3	120,00	120,00	176,00	28,00	41,00	103,00	30,00	100,00	183,00
	P4	92,00	104,00	156,00	2,00	34,00	96,00	24,00	92,00	134,00
	P5	100,00	131,00	134,00	25,00	45,00	123,00	27,00	90,00	120,00
	P6	108,00	131,00	164,00	30,00	52,00	102,00	30,00	108,00	175,00

Tabla 34. Evaluación del peso de frutos de la quinta cosecha del cultivo de ají charapita

		Quinta cosecha (g)								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T ₁	T ₃	T ₂	T ₆	T ₄	T ₅	T ₉	T ₇	T ₈
BI	P1	30,00	34,00	61,00	31,00	32,00	52,00	30,00	22,00	19,00
	P2	27,00	13,00	30,00	36,00	47,00	34,00	22,00	25,00	18,00
	P3	17,00	56,00	17,00	52,00	26,00	35,00	15,00	15,00	10,00
	P4	11,00	10,00	11,00	51,00	48,00	43,00	17,00	23,00	36,00
	P5	17,00	13,00	74,00	34,00	103,00	51,00	18,00	17,00	23,00
	P6	17,00	14,00	89,00	29,00	30,00	72,00	14,00	20,00	26,00
BII	P1	27,00	47,00	74,00	30,00	35,00	41,00	35,00	30,00	35,00
	P2	18,00	43,00	52,00	33,00	34,00	45,00	41,00	41,00	24,00
	P3	7,00	56,00	35,00	25,00	30,00	30,00	25,00	21,00	30,00
	P4	26,00	32,00	28,00	22,00	26,00	32,00	30,00	28,00	35,00
	P5	18,00	22,00	25,00	19,00	27,00	41,00	27,00	42,00	28,00
	P6	21,00	17,00	26,00	27,00	25,00	30,00	30,00	30,00	43,00
BIII	P1	27,00	52,00	11,00	17,00	29,00	28,00	32,00	21,00	30,00
	P2	22,00	35,00	15,00	19,00	24,00	41,00	26,00	26,00	43,00
	P3	17,00	34,00	74,00	28,00	26,00	33,00	25,00	23,00	39,00
	P4	15,00	45,00	51,00	25,00	32,00	30,00	18,00	19,00	11,00
	P5	22,00	25,00	63,00	17,00	22,00	21,00	13,00	18,00	15,00
	P6	24,00	30,00	60,00	28,00	25,00	47,00	12,00	19,00	17,00
BIV	P1	41,00	24,00	34,00	15,00	14,00	28,00	14,00	25,00	47,00
	P2	24,00	27,00	45,00	23,00	18,00	41,00	11,00	27,00	28,00
	P3	29,00	49,00	52,00	26,00	26,00	35,00	12,00	28,00	28,00
	P4	24,00	30,00	30,00	22,00	27,00	26,00	23,00	22,00	23,00
	P5	15,00	29,00	17,00	14,00	24,00	27,00	18,00	40,00	33,00
	P6	22,00	25,00	27,00	18,00	29,00	25,00	21,00	24,00	30,00

Tabla 35. Evaluación de la longitud y volumen de raíces del cultivo de ají charapita

		Longitud Raíz (cm)								
Bloque	N° plantas	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	30,00	23,00	44,00	28,00	23,00	33,00	34,00	21,00	33,00
	P2	30,00	43,00	28,00	27,00	33,00	37,00	19,00	37,00	35,00
	P3	30,00	33,00	36,00	27,50	28,00	35,00	26,50	29,00	34,00
BII	P1	13,00	21,00	30,00	15,00	22,00	50,00	22,00	27,00	23,00
	P2	26,00	30,00	23,00	23,00	36,00	36,00	26,00	32,00	44,00
	P3	19,50	25,50	26,50	19,00	29,00	43,00	24,00	29,50	33,50
BIII	P1	17,00	36,00	25,00	16,00	28,00	38,00	26,00	30,00	34,00
	P2	25,00	20,00	32,00	21,00	24,00	31,00	25,00	26,00	23,00
	P3	21,00	28,00	28,50	18,50	26,00	34,50	25,50	28,00	28,50
BIV	P1	23,00	19,00	32,00	21,00	27,00	23,00	19,00	22,00	23,00
	P2	14,00	19,00	26,00	17,00	25,00	40,00	20,00	23,00	30,00
	P3	18,50	19,00	29,00	19,00	26,00	31,50	19,50	22,50	26,50
		Volumen de raíz (cm²)								
Bloque	N° plantas	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	15,00	20,00	31,00	18,00	20,00	5,00	10,00	21,00	21,00
	P2	29,00	25,00	30,00	6,00	19,00	35,00	10,00	25,00	40,00
	P3	22,00	22,50	30,50	12,00	19,50	20,00	10,00	23,00	30,50
BII	P1	9,00	19,00	10,00	4,00	5,00	9,00	11,00	20,00	11,00
	P2	10,00	9,00	31,00	20,00	23,00	60,00	29,00	20,00	29,00
	P3	9,50	14,00	20,50	12,00	14,00	34,50	20,00	20,00	20,00
BIII	P1	20,00	12,00	18,00	5,00	10,00	35,00	18,00	19,00	45,00
	P2	5,00	15,00	13,00	11,00	10,00	25,00	10,00	30,00	29,00
	P3	12,50	13,50	15,50	8,00	10,00	30,00	14,00	24,50	37,00
BIV	P1	10,00	20,00	35,00	15,00	15,00	39,00	8,00	21,00	10,00
	P2	5,00	10,00	20,00	3,00	40,00	20,00	7,00	13,00	30,00
	P3	7,50	15,00	27,50	9,00	27,50	29,50	7,50	17,00	20,00

Tabla 36. Evaluación peso fresco y seco de la parte aérea del cultivo de ají charapita

		Peso fresco aéreo (g)								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	125,00	102,00	198,00	61,00	75,00	37,00	61,00	110,00	116,00
	P2	132,00	99,00	159,00	38,00	25,00	78,00	38,00	195,00	78,00
	P3	128,50	100,50	178,50	49,50	50,00	57,50	49,50	152,50	97,00
BII	P1	67,00	57,00	50,00	46,00	20,00	19,00	70,00	71,00	122,00
	P2	40,00	88,00	95,00	271,00	79,00	82,00	116,00	136,00	91,00
	P3	53,50	72,50	72,50	158,50	49,50	50,50	93,00	103,50	106,50
BIII	P1	26,00	46,00	107,00	81,00	19,00	130,00	122,00	83,00	209,00
	P2	70,00	89,00	13,00	65,00	51,00	66,00	108,00	27,00	111,00
	P3	48,00	67,50	60,00	73,00	35,00	98,00	115,00	55,00	160,00
BIV	P1	19,00	27,00	123,00	24,00	170,00	76,00	30,00	60,00	48,00
	P2	56,00	26,00	63,00	34,00	74,00	112,00	70,00	90,00	68,00
	P3	37,50	26,50	93,00	29,00	122,00	94,00	50,00	75,00	58,00
		Peso seco aéreo (g)								
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	38,00	36,00	74,00	18,00	26,00	14,00	8,00	33,00	53,00
	P2	45,00	36,00	67,00	17,00	7,00	31,00	6,00	75,00	29,00
	P3	41,50	36,00	70,50	17,50	16,50	22,50	7,00	54,00	41,00
BII	P1	28,00	18,00	16,00	15,00	10,00	6,00	28,00	33,00	42,00
	P2	16,00	24,00	30,00	90,00	27,00	35,00	37,00	46,00	38,00
	P3	22,00	21,00	23,00	52,50	18,50	20,50	32,50	39,50	40,00
BIII	P1	15,00	12,00	38,00	26,00	6,00	37,00	42,00	30,00	82,00
	P2	13,00	30,00	3,00	17,00	18,00	21,00	39,00	9,00	44,00
	P3	14,00	21,00	20,50	21,50	12,00	29,00	40,50	19,50	63,00
BIV	P1	5,00	10,00	40,00	12,00	64,00	46,00	8,00	18,00	27,00
	P2	21,00	8,00	21,00	11,00	21,00	28,00	20,00	41,00	27,00
	P3	13,00	9,00	30,50	11,50	42,50	37,00	14,00	29,50	27,00

Tabla 37. Evaluación del peso fresco y seco de raíces del cultivo de ají charapita

Peso fresco de raíz (g)										
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	13,00	22,00	30,00	19,00	27,00	6,00	6,00	20,00	22,00
	P2	24,00	30,00	32,00	6,00	13,00	35,00	7,00	29,00	41,00
	P3	18,50	26,00	31,00	12,50	20,00	20,50	6,50	24,50	31,50
BII	P1	8,00	19,00	7,00	3,00	3,00	9,00	16,00	13,00	26,00
	P2	13,00	11,00	27,00	22,00	28,00	66,00	23,00	29,00	30,00
	P3	10,50	15,00	17,00	12,50	15,50	37,50	19,50	21,00	28,00
BIII	P1	7,00	29,00	17,00	3,00	13,00	33,00	15,00	7,00	37,00
	P2	19,00	3,00	25,00	12,00	11,00	41,00	8,00	24,00	14,00
	P3	13,00	16,00	21,00	7,50	12,00	37,00	11,50	15,50	25,50
BIV	P1	8,00	10,00	31,00	11,00	30,00	12,00	9,00	9,00	16,00
	P2	6,00	9,00	19,00	3,00	15,00	40,00	15,00	25,00	21,00
	P3	7,00	9,50	25,00	7,00	22,50	26,00	12,00	17,00	18,50
Peso seco de raíz (g)										
Bloque	N° Planta	Tratamientos								
		T₁	T₃	T₂	T₆	T₄	T₅	T₉	T₇	T₈
BI	P1	6,00	8,00	14,00	7,00	8,00	13,00	3,00	10,00	9,00
	P2	9,00	10,00	15,00	2,00	5,00	3,00	3,00	11,00	16,00
	P3	7,50	9,00	14,50	4,50	6,50	8,00	3,00	10,50	12,50
BII	P1	3,00	9,00	3,00	2,00	2,00	4,00	8,00	6,00	7,00
	P2	5,00	3,00	11,00	8,00	11,00	23,00	8,00	13,00	12,00
	P3	4,00	6,00	7,00	5,00	6,50	13,50	8,00	9,50	9,50
BIII	P1	7,00	10,00	7,00	1,00	7,00	13,00	7,00	7,00	16,00
	P2	4,00	2,00	10,00	6,00	4,00	12,00	4,00	11,00	7,00
	P3	5,50	6,00	8,50	3,50	5,50	12,50	5,50	9,00	11,50
BIV	P1	4,00	4,00	14,00	5,00	15,00	6,00	3,00	4,00	9,00
	P2	3,00	4,00	9,00	2,00	5,00	18,00	2,00	11,00	9,00
	P3	3,50	4,00	11,50	3,50	10,00	12,00	2,50	7,50	9,00

Tabla 38. Cálculo de las fórmulas de abonamiento de fertilización NPK por tratamiento

Trat.	Fórmulas de abonamiento/ha	Cálculo de fórmulas de abonamiento de NPK			Kg	N° planta.	Kg/planta	g/planta	g/tratamiento	1 ^{ra} (g)	2 ^{da} (g)
T ₁	40 N	40	100	46	86,96	40000	0,002174	2,17	173,91	86,96	86,96
	7,5 P	7,5	100	46	16,30	40000	0,000408	0,41	32,61	32,61	
	40 K	40	100	60	66,67	40000	0,001667	1,67	133,33	133,33	133,33
T ₂	80 N	80	100	46	173,91	40000	0,004348	4,35	347,83	347,83	347,83
	15 P	15	100	46	32,61	40000	0,000815	0,82	65,22	65,22	
	80 K	80	100	60	133,33	40000	0,003333	3,33	266,67	266,67	266,67
T ₃	160 N	160	100	46	347,83	40000	0,008696	8,70	695,65	695,65	695,65
	30 P	30	100	46	65,22	40000	0,001630	1,63	130,43	130,43	
	160 K	160	100	60	266,67	40000	0,006667	6,67	533,33	533,33	533,33
T ₄	40 N	40	100	46	86,96	27777	0,003131	3,13	250,44	125,22	125,22
	7,5 P	7,5	100	46	16,30	27777	0,000587	0,59	46,96	46,96	
	40 K	40	100	60	66,67	27777	0,002400	2,40	192,01	192,01	192,01
T ₅	80 N	80	100	46	173,91	27777	0,006261	6,26	500,88	500,88	500,88
	15 P	15	100	46	32,61	27777	0,001174	1,17	93,92	93,92	
	80 K	80	100	60	133,33	27777	0,004800	4,80	384,01	384,01	384,01
T ₆	160 N	160	100	46	347,83	27777	0,012522	12,52	1001,77	1001,77	1001,77
	30 P	30	100	46	65,22	27777	0,002348	2,35	187,83	187,83	
	160 K	160	100	60	266,67	27777	0,009600	9,60	768,02	768,02	768,02
T ₇	40 N	40	100	46	86,96	20408	0,004261	4,26	340,87	170,44	170,44
	7,5 P	7,5	100	46	16,30	20408	0,000799	0,80	63,91	63,91	
	40 K	40	100	60	66,67	20408	0,003267	3,27	261,34	261,34	261,34
T ₈	80 N	80	100	46	173,91	20408	0,008522	8,52	681,74	681,74	681,74
	15 P	15	100	46	32,61	20408	0,001598	1,60	127,83	127,83	
	80 K	80	100	60	133,33	20408	0,006533	6,53	522,67	522,67	522,67
T ₉	160 N	160	100	46	347,83	20408	0,017044	17,04	1363,49	1363,49	1363,49
	30 P	30	100	46	65,22	20408	0,003196	3,20	255,65	255,65	
	160 K	160	100	60	266,67	20408	0,013067	13,07	1045,34	1045,34	1045,34

Tabla 39. Principales gastos de la producción del cultivo de ají charapita y análisis de rentabilidad

Trat.	LT	NPK	AF	S	PG	T	M	C	CT	R	IB	U	C/B	IR
T ₁	2000	1904,76	673,40	158,73	822,75	3500,00	2000,00	4613,76	15673,40	2355,00	23550,00	7876,60	1,50	0,50
T ₂	2000	2010,58	673,40	158,73	822,75	3500,00	2000,00	4613,76	15779,22	3583,33	35833,33	20054,11	2,27	1,27
T ₃	2000	2116,40	673,40	158,73	822,75	3500,00	2000,00	4613,76	15885,04	4512,92	45129,17	29244,13	2,84	1,84
T ₄	2000	1714,28	467,63	142,86	571,34	2430,49	1603,18	3898,34	12828,12	1541,38	15413,77	2585,65	1,20	0,20
T ₅	2000	1809,52	467,63	142,86	571,34	2430,49	1603,18	3898,34	12923,36	2277,78	22777,78	9854,42	1,76	0,76
T ₆	2000	1904,76	467,63	142,86	571,34	2430,49	1603,18	3898,34	13018,60	2950,81	29508,10	16489,50	2,27	1,27
T ₇	2000	1542,85	343,57	114,29	419,77	1785,70	888,89	2864,14	9959,21	836,31	8363,10	-1596,11	0,84	-0,16
T ₈	2000	1628,57	343,57	114,29	419,77	1785,70	888,89	2864,14	10044,93	1237,46	12374,57	2329,64	1,23	0,23
T ₉	2000	1714,28	343,57	114,29	419,77	1785,70	888,89	2864,14	10130,64	1930,06	19300,60	9169,96	1,91	0,91

Leyenda:

LT: Limpieza de terreno
 AF: Aplicación de fertilizantes
 PG: Preparación de germinación
 M: Mantenimiento
 CT: Costo total
 I.B: Ingreso bruto
 C/B: Costo beneficio

NPK: fertilización nitrógeno, fósforo y potasio
 S: Semilla
 T: Trasplante
 C: cosecha
 R: Rendimiento
 U: Utilidad
 IR: Índice de rentabilidad

T₁: 0,50x0,50 m + 40-7,5-40
 T₂: 0,50x0,50 m + 80-15-80
 T₃: 0,50x0,50 m + 160-30-160

T₄: 0,60x0,60 m + 40-7,5-40
 T₅: 0,60x0,60 m + 80-15-80
 T₆: 0,60x0,60 m + 160-30-160

T₇: 0,70x0,70 m + 40-7,5-40
 T₈: 0,70x0,70 m + 80-15-80
 T₉: 0,70x0,70 m + 160-30-160



Figura 17. Almacigo y trasplante de ají charapita: a. Cama almaciguera, b. Tapado de las semillas para su germinación, c. Plantines de ají y d. Trasplante de plantines a bolsas



Figura 18. Instalación y siembra: a. Identificación de bloques y tratamientos según las densidades, b. Elaboración de hoyos, c. Trasplante, d. Planta instalada y e. Instalación del experimento



Figura 19. Abonamiento: a. Peso de urea, b. Peso de potasio, c. Peso de fósforo, d. Mezcla de fertilizantes, e. Primera aplicación de fertilizante y f. Segunda aplicación de fertilizante



Figura 20. Evaluación de altura y diámetro de plantas del cultivo de ají charapita



Figura 21. Cosecha de ají charapita



Figura 22. Evaluación de clorofila



Figura 23. Tercera cosecha de los tratamientos T₁, T₂ y T₃



Figura 24. Tercera cosecha de los tratamientos T4, T5 y T6



Figura 25. Tercera cosecha de los tratamientos T7, T8 y T9



Figura 26. Evaluación final de plantas: a. Longitud de raíces, b. Volumen de raíces, c. Peso fresco y d. Peso seco.



Figura 27. Visita del jurado, Dr. Hugo Alfredo Huamani Yupanqui (14/07/2023)



Figura 28. Visita del jurado, Dr. José Wilfredo Zavala Solorzano (25/07/2023)



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	SILVA BORJA BEATRIZ	MUESTREADO POR:	SILVA BORJA BEATRIZ
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	24/04/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	24/04/2023
DISTRITO:	MARIANO DAMASO BERAUN	FECHA DE REPORTE:	28/04/2023
SECTOR:	CHUNATAHUA	RECIBO O FACTURA:	23011004
CULTIVO:	----	OBSERVACIÓN:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECANICO				pH	CE dS/cm	M.O.	N	C	P disponible	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases	Acidos	Saturación
			Arena	Arcilla	Limo	Clase																Cambiables	Cambiables	de Aluminio
			%	%	%	Textural																%	%	%
1	M1	S0696	38	25	37	Franco	5.40	0.078	3.023	0.151	1.753	3.60	87.66	—	3.933	0.777	0.235	0.100	0.600	0.170	6.816	87	13	10

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita. Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Ing° GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO
Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Figura 29. Análisis inicial del suelo



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	SILVIA BORJA BEATRIZ	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	7/09/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	7/09/2023
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	18/09/2023
LOCALIDAD:	TINGO MARIA	RECIBO O FACTURA:	22846
CULTIVO:	AJI	OBSERVACION:	--

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE		M.O.	N	C	P	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables %	Acidos Cambiables %	Saturación de Aluminio %
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural		dS/m	disponible																
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES Cmol(+)/kg												
1	S1248-1	T1	52	14	35	Franco	5.78	0.166	2.835	0.142	1.644	7.794	102.415	7.340	5.959	0.960	0.252	0.170	0.000	0.000	7.340	100.000	0.000	0.000	
2	S1248-2	T2	48	12	41	Franco	5.84	0.169	3.389	0.169	1.966	8.148	125.310	7.478	6.060	0.909	0.289	0.220	0.000	0.000	7.478	100.000	0.000	0.000	
3	S1248-3	T3	50	14	37	Franco	5.82	0.220	3.451	0.173	2.002	9.649	141.765	8.392	6.397	1.269	0.413	0.313	0.000	0.000	8.392	100.000	0.000	0.000	
4	S1248-4	T4	50	12	39	Franco	5.83	0.130	2.527	0.126	1.466	7.176	144.404	6.491	5.063	0.809	0.336	0.283	0.000	0.000	6.491	100.000	0.000	0.000	
5	S1248-5	T5	38	14	49	Franco	5.97	0.171	3.081	0.154	1.787	8.413	165.892	7.854	5.870	1.170	0.424	0.390	0.000	0.000	7.854	100.000	0.000	0.000	
6	S1248-6	T6	50	14	37	Franco	5.61	0.186	4.067	0.203	2.359	11.681	172.057	8.817	6.440	1.390	0.550	0.437	0.000	0.000	8.817	100.000	0.000	0.000	
7	S1248-7	T7	38	14	49	Franco	5.57	0.096	2.896	0.145	1.680	15.655	121.782	6.395	5.033	0.816	0.257	0.289	0.000	0.000	6.395	100.000	0.000	0.000	
8	S1248-8	T8	48	12	41	Franco	5.85	0.164	2.958	0.148	1.716	16.715	141.078	7.600	6.005	0.896	0.358	0.341	0.000	0.000	7.600	100.000	0.000	0.000	
9	S1248-9	T9	42	14	45	Franco	6.55	0.260	3.143	0.157	1.823	18.482	200.847	8.547	6.515	1.118	0.527	0.388	0.000	0.000	8.547	100.000	0.000	0.000	

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

VND: VALOR NO DETECTADO MENOR AL LIMITE DE DETECCION 0.002

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Figura 30. Análisis de suelo al final del experimento

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
LASAE

ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	SILVA BORJA BEATRIZ	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	7/09/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	7/09/2023
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	18/09/2023
MUESTRA:	AJI	RECIBO O FACTURA:	22847
CONSERVACION:	----	OBSERVACION:	--

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS EN BASE HUMEDA					RESULTADOS EN BASE SECA											
Código	Referencia	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na (%)	K ₂ O (%)	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm
E0159-1	T1	43.0522	56.9478	52.2915	4.6563	0.1736	91.8236	8.1764	0.3048	0.6821	0.2521	0.1742	0.0277	0.1709	11.1497	37.6611	8.0278	20.912
E0159-2	T2	44.6218	55.3782	50.6339	4.7443	0.1848	91.4330	8.5670	0.3337	0.4220	0.2675	0.1770	0.0291	0.1724	10.5357	39.4025	5.9851	22.357
E0159-3	T3	41.1594	58.8406	54.3649	4.4757	0.2128	92.3935	7.6065	0.3617	0.6532	0.2802	0.1957	0.0294	0.1729	10.8860	41.8429	8.1129	22.810
E0159-4	T4	44.6364	55.3636	50.6551	4.7085	0.1904	91.4953	8.5047	0.3439	0.5839	0.2376	0.1649	0.0282	0.1338	10.8044	46.0921	11.3496	20.122
E0159-5	T5	43.6633	56.3367	52.0642	4.2725	0.2072	92.4161	7.5839	0.3678	0.6304	0.2455	0.1668	0.0282	0.1758	10.9330	56.3966	14.2476	21.965
E0159-6	T6	42.5458	57.4542	53.0910	4.3632	0.2184	92.4058	7.5942	0.3801	0.0000	0.2642	0.1674	0.0296	0.1789	11.3519	66.9786	14.6762	23.590
E0159-7	T7	40.4159	59.5841	55.0320	4.5520	0.1996	92.3603	7.6397	0.3351	0.0000	0.2466	0.1715	0.0322	0.1430	9.7784	30.1541	8.8150	19.798
E0159-8	T8	42.3951	57.6049	53.1129	4.4920	0.2048	92.2020	7.7980	0.3556	0.0000	0.2754	0.1822	0.0346	0.1840	11.0973	37.8204	10.0025	21.150
E0159-9	T9	45.1351	54.8649	50.3613	4.5036	0.2178	91.7915	8.2085	0.3970	0.0000	0.2925	0.1816	0.0398	0.1949	12.0655	42.0314	15.2302	24.329

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



CELULAR 944407531

Figura 31. Análisis especial de los frutos de ají charapita