

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD
FÍSICA EN DOS VARIEDADES DE *Capsicum chinense* (AJÍ) EN UN SUELO
ENTISOLS**

Tesis

Para optar el grado de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

CLEIVER BERNARDO OJEDA ROMAN

Asesores:

JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO

EDILBERTO CÉSAR DÁVILA ZAMORA

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° 020-2024-FA-UNAS

BACHILLER : CLEIVER BERNARDO OJEDA ROMAN

TÍTULO : "EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD FISICA EN DOS
VARIEDADES DE *Capsicum chinense* (AJI) EN UN SUELO
ENTISOLS"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
VOCAL : Ing. M.Sc. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA

ASESORES : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
Dr. EDILBERTO CESAR DAVILA ZAMORA

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 27/11/2024

HORA DE SUSTENTACIÓN : 09:20 A.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

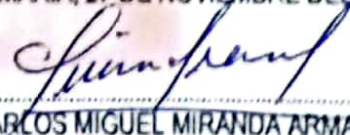
CALIFICATIVO : MUY BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 27 DE NOVIEMBRE DEL 2024


M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
PRESIDENTE


Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
VOCAL


M.Sc. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
VOCAL


Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
ASESOR


Dr. EDILBERTO CESAR DAVILA ZAMORA
ASESOR



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 092 - 2025 - 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
EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD FÍSICA EN DOS VARIEDADES DE Capsicum chinense (AJÍ) EN UN SUELO ENTISOLS	CLEIVER BERNARDO OJEDA ROMAN	14 % Catorce

Tingo María, 01 de abril de 2025


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomás Mejía Malloqui
DGE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Titulo	: Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y calidad física en dos variedades de <i>Capsicum chinense</i> (ají) en un suelo Entisols.
Autor	: Cleiver Bernardo Ojeda Roman
Asesor (es)	: Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano Dr. Edilberto César Dávila Zamora
Programa de investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea (s) de investigación	: Fertilidad, clasificación, biología, recuperación y manejo de suelos
Eje temático de investigación	: Densidad de siembra en ají
Lugar de ejecución	: Fundo del Colegio Agropecuario Naranjillo – Tingo María
Duración del trabajo	: 7 meses
Financiamiento	: S/ 4 631,00

Tingo María – Perú, Diciembre 2024

DEDICATORIA

A Jehová:

Por haberme concedido la vida, la salud, y por otorgarme los dones de la sabiduría para superar los desafíos y adversidades de la existencia y lograr mis metas.

A mi madre y padre:

Luz Roman Herrera y Bernardo Ojeda Moreto; por brindarme su amor infinito, por ser sostén y energía diaria para salir adelante y superarme cada día.

A mis hermanos:

Crispulo, Neici, Luber y Magna Fany, quienes me apoyaron constantemente en mi formación profesional hasta la actualidad.

AGRADECIMIENTOS

- A través de la presente, agradezco profundamente a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva por su invaluable apoyo y guía durante mi formación, compartiendo sus conocimientos y experiencias.
- A mis asesores, el Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano y el Dr. Edilberto César Dávila Zamora, por su constante apoyo, guía experta y revisión de acuerdo a las normas de redacción, durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Su contribución ha sido esencial para su éxito.
- Al Ing. M. Sc. Jorge Luis Adriazola Del Águila, presidente del jurado, por su invaluable guía y exigencia en la redacción, lo cual ha sido fundamental para alcanzar los estándares de rigor científico requeridos.
- Al Ing. Carlos Miguel Miranda Armas, miembro del jurado evaluador por sus sugerencias y aportes en la presente investigación.
- Al Ing. Mg. Sc. Luis Germán Mansilla Minaya, miembro del jurado evaluador por sus sugerencias y aportes en la presente investigación.
- A la Ing. Mónica Robles Rodríguez, por su apoyo incondicional y Agradezco sinceramente a todos los investigadores, colaboradores, compañeros y amigos, que con sus valiosas aportaciones, hicieron posible la realización de este estudio.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del cultivo.	3
2.2. Requerimientos edafoclimáticos del ají	5
2.3. Densidad de siembra en el ají	5
2.4. Temperatura y humedad en la actividad metabólica del ají	6
2.5. Fenología del ají.....	6
2.6. Índice de área foliar (IAF).....	7
2.7. Labores que requiere el cultivo.	7
2.7.1. Época de siembra	7
2.7.2. Selección, preparación y cantidad de semilla de ají	8
2.7.3. Preparación de camas para almacigo de ají	8
2.7.4. Preparación de vivero	8
2.7.5. Preparación de campo definitivo	9
2.7.6. Fertilización	9
2.7.7. Riego.	10
2.7.8. Control de malezas, plagas y enfermedades en el ají.....	10
2.7.9. Cosecha y postcosecha del ají	12
2.8. La materia seca (MS) y el contenido de clorofila.	13
2.9. Rendimiento y calidad del ají.....	13
2.10. Descripción agronómica del ají de mesa y ají limo.	16
2.11. Entisols.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Lugar de ejecución del experimento	18
3.1.1. Zona de vida.....	18

3.1.2. Observaciones meteorológicas	18
3.2. Materiales y métodos	19
3.2.1. Materiales y equipos	19
3.2.2. Metodología	19
3.2.2.1. Muestreo para análisis de caracterización de suelo y apertura de calicata	19
3.2.2.2. Implementación y seguimiento del experimento	20
3.2.2.3. Índice de contenido de clorofila	21
3.2.2.4. Área foliar	22
3.2.2.5. Determinación del índice de área foliar	22
3.2.2.6. Cuantificación del rendimiento total del cultivo de ají	22
3.2.2.7. Determinar la calidad física del ají	23
3.2.2.8. Análisis de rentabilidad	23
3.2.2.9. Componentes en estudio	24
3.2.2.10. Tratamientos en estudio	24
3.2.2.11. Disposición experimental	24
3.2.2.12. Disposición del campo experimental	25
3.2.2.13. Modelo experimental	28
3.2.2.14. Análisis de los resultados	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Factores biométricos del crecimiento vegetativo del ají	30
4.1.1. Altura de planta, número de ramificaciones secundarias, índice de área foliar, contenido de clorofila y materia seca de la planta	30
4.1.1.1. Altura de planta	30
4.1.1.2. Número de ramificaciones secundarias	35
4.1.1.3. Índice de área foliar	37
4.1.1.4. Contenido de clorofila	39

4.1.1.5. Materia seca de la planta.....	41
4.2. Factores biométricos del rendimiento del ají	44
4.2.1. Peso del fruto, número de frutos por planta y rendimiento de fruto fresco. ..	44
4.2.1.1. Peso del fruto (g)	44
4.2.1.2. Numero de frutos por planta.....	49
4.2.1.3. Rendimiento de fruto fresco	52
4.3. Características biométricas asociadas a la calidad física en frutos de ají.....	57
4.3.1. Diámetro polar del fruto, diámetro ecuatorial del fruto y contenido de materia seca del fruto.	57
4.3.1.1. Diámetro polar del fruto.....	57
4.3.1.2. Diámetro ecuatorial del fruto.....	61
4.3.1.3. Materia seca del fruto.....	63
4.3.1.4. Clasificación de la producción.....	65
4.4. Análisis beneficio-costos de los tratamientos experimentales.....	67
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	70
VII. REFERENCIAS.....	71
VIII. ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Contenido bioquímico del <i>Capsicum sp</i> (ají).....	4
2. Requerimientos climáticos y edáficos del ají.....	5
3. Plagas, daño que causan y métodos de control.....	11
4. Enfermedades del ají, agente causal, síntomas y métodos de control.....	12
5. Caracterización cuantitativa de la colección de germoplasma de <i>Capsicum sp.</i> en Agrosavia.....	15
6. Descripción y características del <i>Capsicum chinense</i> Jacq (ají de mesa y ají limo).....	16
7. Datos meteorológicos promedio.....	19
8. Requerimientos nutricionales.....	21
9. Tratamientos en estudio.....	24
10. Modelo del análisis de variancia (ANOVA).....	29
12. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para altura, ramificaciones secundarias, índice de clorofila y materia seca de la planta entre tratamientos.....	32
11. Cuadrados medios y significación estadística ($\alpha \leq 0,05$) para características asociadas al crecimiento vegetativo del ají.....	31
13. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la altura de planta, ramas secundarias, índice de área foliar y materia seca de la planta, según la densidad de siembra.....	34
14. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la altura de planta, IAF y contenido de clorofila en función de la variedad de ají.....	35
15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para la interacción de la densidad de siembra y la variedad de aji, en la altura de planta, IAF y materia seca de la planta.....	38
16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para la interacción de la variedad de ají y la densidad de siembra en la altura de planta, IAF y materia seca de la planta.....	42
17. Cuadrados medios y significación estadística ($\alpha \leq 0,05$) para características asociadas al rendimiento del aji.....	44

18. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para el peso, número de frutos por planta y el rendimiento de frutos frescos de ají, según los tratamientos.....	46
19. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para el peso del fruto, numero de frutos por planta y rendimiento del fruto fresco, según la densidad de siembra.....	48
20. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para el peso del fruto, numero de frutos por planta y rendimiento del fruto fresco, según la variedad de ají.....	48
21. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el efecto de la densidad de siembra sobre el peso, producción de frutos y rendimiento.....	50
22. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el efecto de la variedad de ají, sobre el peso, producción de frutos y rendimiento.....	54
23. Cuadrados medios y significación estadística ($\alpha \leq 0,05$) para diámetro polar del fruto, diámetro ecuatorial del fruto y contenido de materia seca del fruto.....	58
24. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para el diámetro polar, diametro ecuatorial y materia seca del fruto, según los tratamientos.....	59
25. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para comparar el efecto de la densidad de siembra sobre el diámetro polar del fruto y el contenido de materia seca del fruto.....	60
26. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para comparar el efecto de la variedad de ají sobre el diámetro polar, diámetro ecuatorial y materia seca del fruto.....	61
27. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el diametro polar y la materia seca del fruto respecto a la interacción de la densidad de siembra y la variedad de aj.....	63
28. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el diametro polar y la materia seca del fruto respecto a la interacción de la variedad de ají y la densidad de siembra.....	64
29. Clasificación en frutos de ají limo y ají de mesa.....	66
30. Principales gastos de la producción de cultivo de ají de mesa y ají limo y análisis de rentabilidad del estudio.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Fenología del <i>Capsicum chinense</i> Jacq.....	7
2. Imagen satelital de la parcela experimental (Google Earth Pro, 2024).....	18
3. Esquema del área de estudio.....	25
4. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T ₉ y T ₁₀	26
5. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T ₁ y T ₅	26
6. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T ₂ y T ₆	27
7. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T ₃ y T ₇	27
8. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T ₄ y T ₈	28
9. Efectos principales para número de ramificaciones secundarias.....	36
10. Interacción de la densidad de siembra y las variedades de ají en el número de ramificaciones secundarias.....	36
11. Efectos principales para contenido de clorofila.....	40
12. Interacción de la densidad de siembra y las variedades de ají en el contenido de clorofila.....	40
13. Efectos principales para materia seca de la planta (t/ha).....	43
14. Efectos principales para diametro ecuatorial del fruto en función de la densidad.....	62
15. Interacción de la densidad y la variedad en el diametro ecuatorial del fruto.....	62

RESUMEN

Mediante un análisis exhaustivo, se evaluó el impacto de diversas densidades de siembra en el rendimiento y calidad de dos variedades de ají (mesa y limo) cultivadas en suelos entisols. Se establecieron diez tratamientos: T₁ (0,80 m x 0,80 m; ají de mesa); T₂ (0,60 m x 0,80 m; ají de mesa); T₃ (0,40 m x 0,80 m; ají de mesa); T₄ (0,20 m x 0,80 m; ají de mesa); T₅ (0,80 m x 0,80 m; ají limo); T₆ (0,60 m x 0,80 m; ají limo); T₇ (0,40 m x 0,80 m; ají limo); T₈ (0,20 m x 0,80 m; ají limo); T₉ (0,70 m x 1,20 m; ají de mesa) y T₁₀ (0,70 m x 1,20 m; ají limo), variando la densidad de siembra entre 11 905 y 62 500 plantas por hectárea.

Los resultados evidenciaron que la densidad de siembra de 62 500 plantas/ha (T₈) promovió un crecimiento vegetativo más vigoroso, alcanzando una altura de planta promedio de 145,92 cm, un 25 % superior al tratamiento con 15 625 plantas/ha (T₁). Sin embargo, esta alta densidad redujo el número de ramas secundarias a 8,5 por planta, mientras que el tratamiento T₅ presentó el mayor número con 10,73.

En cuanto al índice de área foliar (IAF), el tratamiento T₈ mostró el valor más elevado con 7,59; mientras que el T₁ presentó el menor con 1,87. El ají limo destacó sobre el ají de mesa en términos de índice de contenido de clorofila, con valores de 55,58 y 53,58, respectivamente. Asimismo, el tratamiento T₈ acumuló la mayor biomasa, con 15,53 t/a, frente a las 2,59 t/ha del T₁.

Respecto a la producción de frutos, el tratamiento T₉ obtuvo el mayor número con 412,75 frutos, mientras que el T₈ mostró el menor con 63,25 frutos. En términos de rendimiento, el tratamiento T₈ superó significativamente a los demás, alcanzando 52,730 t/ha, comparado con las 31,680 t/ha del T₄.

La calidad del fruto también se vio influenciada por la densidad de siembra. El tratamiento T₅ presentó el mayor peso promedio por fruto con 17,90 g, significativamente superior a los 7,22 g del T₄. El tratamiento T₇ mostró la mayor longitud de fruto con 9,81 cm, mientras que el T₅ presentó el mayor diámetro ecuatorial con 2,68 cm. Los tratamientos T₈ y T₇ mostraron los mayores porcentajes de materia seca del fruto, con 6,92 y 6,22 t/ha, respectivamente.

En términos de rentabilidad, el tratamiento T₅ resultó el más beneficioso, con un margen de ganancia de 2,08 soles por sol invertido. Por el contrario, el tratamiento T₄ presentó los costos más elevados y la menor ganancia (0,81 soles)

Palabras Clave: *Capsicum chinense*, ají, densidad de siembra, rendimiento, calidad de fruto.

ABSTRACT

A comprehensive analysis was conducted to evaluate the impact of different planting densities on the yield and quality of two chili pepper varieties (table chili and limo chili) cultivated in Entisol soils was evaluated. Ten treatments were established: T₁ (0,80 m x 0,80 m; table chili); T₂ (0,60 m x 0,80 m; table chili); T₃ (0,40 m x 0,80 m; table chili); T₄ (0,20 m x 0,80 m; table chili); T₅ (0,80 m x 0,80 m; limo chili); T₆ (0,60 m x 0,80 m; limo chili); T₇ (0,40 m x 0,80 m; limo chili); T₈ (0,20 m x 0,80 m; limo chili); T₉ (0,70 m x 1,20 m; table chili) and T₁₀ (0,70 m x 1,20 m; limo chili), varying the planting density between 11,905 and 62,500 plants per hectare.

The results showed that the planting density of 62,500 plants/ha (T₈) promoted more vigorous vegetative growth, reaching an average plant height of 145,92 cm, 25 % higher than the treatment with 15 625 plants/ha (T₁). However, this high density reduced the number of secondary branches to 8,5 per plant, while treatment T₅ presented the highest number with 10,73.

Regarding the leaf area index (LAI), treatment T₈ showed the highest value with 7,59, while T₁ presented the lowest with 1,87. Limo chili stood out over table chili in terms of chlorophyll content index, with values of 55,58 and 53,58; respectively. Likewise, treatment T₈ accumulated the greatest biomass, with 15,53 t/ha, compared to 2,59 t/ha for T₁.

Regarding fruit production, treatment T₉ obtained the highest number with 412,75 fruits, while T₈ showed the lowest with 63,25 fruits. In terms of yield, treatment T₈ significantly outperformed the others, reaching 52,730 t/ha, compared to 31,680 t/ha for T₄. Fruit quality was also influenced by planting density. Treatment T₅ presented the highest average weight per fruit with 17,90 g, significantly higher than the 7,22 g of T₄. Treatment T₇ showed the greatest fruit length with 9,81 cm, while T₅ presented the largest equatorial diameter with 2,68 cm. Treatments T₈ and T₇ showed the highest fruit dry matter percentages, with 6,92 and 6,22 t/ha, respectively.

In terms of profitability, treatment T₅ was the most beneficial, with a profit margin of 1,68 soles per sol invested. On the contrary, treatment T₄ presented the highest costs and the lowest profit (0,71 soles).

Keywords: *Capsicum chinense*, chili pepper, planting density, yield, fruit quality.

I. INTRODUCCIÓN

El *Capsicum chinense* Jacq (ají), es un arbusto perenne tropical americano de vida corta (Condori, 2021; Kumar et al., 2022), siendo cultivado en diferentes regiones del planeta, representa especial interés para las diversas industrias alimentarias y farmacéuticas (Souza et al., 2023), por sus diversas propiedades, beneficios y utilidades (Islam et al., 2023), identificándose variedades picantes y variedades dulces, con colores vibrantes (Kumar et al., 2022), constituyéndose así en una de las hortalizas de gran importancia económica y gastronómica mundial (Syukur et al., 2023), por su alto contenido en los frutos de capsaicinoides (Zamljen et al., 2022), carotenoides, fenoles, vitamina C y antioxidantes (Pola et al., 2020). Las verduras son una parte sustancial de nuestras vidas y poseen gran valor comercial y nutricional

Asia (India, China), América (México) y Oriente Medio (Turquía) son las regiones donde se cultiva mayor cantidad de ají con una producción total de 20 000 000 de toneladas de fruto fresco (Kumar et al., 2022). En el Perú más de 10 000 productores se dedican a cultivar ají, superando las 200 000 toneladas (t), en producción total (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2020), el área sembrada en el año 2018, fue de 4 355 hectareas (ha), con una producción anual de 41 658 t (Nolasco y Casas, 2022); Tenemos la posibilidad de posicionarnos en el mercado e incrementar su productividad, de esta manera superar el octavo puesto que ocupa nuestro país, como exportador de ají (Asociación de exportadores [ADEX], 2017), pues poseemos ventajas al ser, junto a Bolivia, el centro de origen de este bondadoso cultivar (Villegas-Panduro et al., 2021), en el territorio peruano, el ají no tiene un periodo establecido de siembra y demás labores, por lo tanto, es posible ajustar su comercio, según la demanda en el mercado (Arévalo, 2010).

Actualmente el cultivo ocupa mano de obra de los agricultores y comerciantes, cabe resaltar que el ají de mesa y ají limo, son comercializados de forma ambulatória y no se cuenta con cifras estadísticas regionales (García, 2022). A pesar de su importancia económica, los bajos rendimientos de las variedades cultivadas, son una constante (Ramjattan y Umaharan, 2022), esta problemática es atribuida a diversos factores que limitan la rentabilidad del cultivo (Hardyanto et al., 2021; Riva, 2019); las limitaciones como el cambio climático, malas prácticas de cultivo, altos costos de producción para semillas, fertilizantes y pesticidas, ataques elevados de plagas y enfermedades (Torres-Bojorques et al., 2017), limitaciones genéticas (Islam et al., 2023); factores como la temperatura, el pH del suelo, la humedad, la necesidad de irradiación (Hardyanto et al., 2021), la competencia de malezas, lo que reduce el rendimiento de en un 45

% – 95 % (Attri, 2022), dificultad en la postcosecha, la cual llega a reducir en un 25 – 35 % la producción, obstaculizando los ingresos del agricultor y afectando a la comercialización mayorista/minorista (Jalgaonkar et al., 2022). Sumado a esto, la falta de conocimiento acerca del correcto manejo de sus necesidades nutricionales, edad del trasplante y labores como la fertilización, la poda y la adecuada densidad de plantas (Setiawati et al., 2022b), acentúan mucho más la merma en la producción.

La densidad de siembra es una variable que influye directamente en la productividad de los cultivos (Rangel, 2016; Setiawati et al., 2022b). Sin embargo, la densidad óptima puede variar según las condiciones agroecológicas y las variedades cultivadas. En este sentido, la presente investigación busca generar información técnica confiable que permita a los agricultores del Alto Huallaga tomar decisiones más informadas sobre la gestión de sus cultivos. Los resultados obtenidos contribuirán a optimizar el uso de los recursos, reducir costos de producción y mejorar la competitividad de los productores en el mercado. Ante la necesidad de optimizar el uso de los recursos en el cultivo de ají, se desarrolló esta investigación.

Hipótesis de investigación:

La densidad de siembra, tiene un efecto significativo en el incremento del rendimiento y calidad física del ají en un suelo entisol.

Objetivo general:

- Evaluar el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y calidad física en dos variedades de *Capsicum chinense* (ají) en un suelo entisols.

Objetivos específicos

1. Medir las características biométricas del crecimiento del ají de mesa y ají limo.
2. Cuantificar el rendimiento del ají de mesa y ají limo, por efecto de las densidades de siembra y el tipo de suelo
3. Determinar la calidad física del fruto de ají de mesa y ají limo, por efecto de las densidades de siembra
4. Realizar el análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo.

El *Capsicum chinense* Jacq (ají de mesa y ají limo), perteneciente al género *Capsicum sp*, a la familia de las Solanáceas (Kumar et al., 2022), es una planta anual rico en vitamina A, B, C y E con minerales Ca, Mg y P (Reddy et al., 2023), posee componentes bioquímicos funcionales, como el contenido de polifenoles, antioxidantes y propiedades inhibitoras de la α -glucosidasa (Syukur et al., 2023); genera divisas, crea empleo y proporciona materia prima para industrias de procesamiento (Attri, 2022); es un fruto nativo que se originó en los trópicos amazónicos (Ramjattan y Umaharan, 2022); desde donde se propago a las demás zonas, gracias a diversos agentes tanto bióticos, como abióticos (Riva, 2019); el Perú cuenta con 350 variedades, entre ajíes, rocotos y pimientos y registra la mayor diversidad de ají a nivel mundial, en particular, son 30 las especies más reconocidas (Condori, 2021).

Es utilizado como especia, condimento, suplemento culinario, medicinal, vegetal (verdura), planta ornamental, utilizada para satisfacer la necesidad de vitaminas y minerales necesarios para el crecimiento y la salud (Rathnayaka et al., 2022), muy consumido en forma de fruta entera y de manera directa (Hardyanto et al., 2021; Islam et al., 2023); popular para la producción de ají seco en polvo, salsas de ají enlatadas o congeladas, encurtidos, etc. (Rangel, 2016); cobrando importancia en todo el mundo (Syukur et al., 2023) , por sus diferentes compuestos benéficos (Zamljen et al., 2022); en particular es una planta insecticida que ha demostrado reducir el impacto de plagas (Fukatine et al., 2023). El ají cuenta con potenciales de rendimiento de 12 a 20 t /ha (Setiawati et al., 2022); los componentes del sabor son factores muy importantes cuando se usa ají como verdura (Rathnayaka et al., 2022).

Posee crecimiento determinado, alcanza entre 0,5 m y 1,5 m de tamaño cuando madura, tiene un crecimiento dicotómico y producción alterna (Baquero et al., 2005); dependiendo del cultivar y la especie, los ajíes pueden crecer erectos o colgantes, ramificando a partir de su primer verticilo, con crecimiento pareado de hojas lanceoladas y simples, bien distribuidas (Baquero et al., 2005). Sus raíces son fibrosas y superficiales, con crecimiento condicionado por el tipo de suelo donde crece la planta (Baquero et al., 2005). Las flores, crecen en la parte axilar del tallo, solitarias, de color blanco, presentando posición inclinada o pendiente (Baquero et al., 2005). Los frutos de ají, son de tipo baya hueca, en el inicio de su desarrollo, son de color verde, en su madurez son rojos, amarillos, anaranjados, morados, etc.; de tamaño variado y consistencia firme, los que son de cultivares que producen solo una fruta por nodo son generalmente más grandes que los que producen de dos a cuatro frutos en un nodo

(Baquero et al., 2005); como todos los tejidos aéreos de las plantas, la capa celular epidérmica más externa en la piel de la fruta carnosa está encerrada por una cutícula hidrófoba (Marinov et al., 2023).

Los ajíes contienen un componente activo conocido como capsaicina (Zamljen et al., 2022); el cual es hidrófobo y es el principal capsaicinoide, pues hay otros como la capsorubina (Yap et al., 2021); debido a este componente, los ajíes han obtenido ciertos componentes bioactivos como antioxidantes, propiedades fenólicas y antimicrobianas, que tienen propiedades terapéuticas (Zamljen et al., 2022); con base en las características mencionadas, los ajíes exhiben características de bioplaguicidas que pueden usarse para controlar plagas y enfermedades en los cultivos; por ejemplo, la utilización potencial de la capsaicina en el control de la enfermedad fúngica del tizón tardío y la presencia de bacterias en los tomates (Karanja, 2022); actualmente, la capsaicina también se ha extraído para su uso en alimentos y productos médicos (Kruawan et al., 2022).

Durante miles de años el ají, se ha utilizado en la cocina intensificando el aroma, el color e incluso el sabor con su picante (Souza et al., 2023), se cree que fue domesticado entre 1 000 y 2 000 a C, es indígena de América del Sur tropical y el Caribe (Ramjattan y Umaharan, 2022); sin embargo, no todas las variedades de ají son de fácil comercialización, por lo cual comercialmente existen escasas especies que aún son trabajadas (Condori, 2021); pues en el transcurso de la domesticación, los linajes divergen fenotípica y genéticamente de los parientes silvestres, en cuanto a rasgos relacionados con la aptitud física (Serrano-Mejía et al., 2022).

Tabla 1. Contenido bioquímico del *Capsicum sp* (ají).

Atributos	Rango de referencia
Capsaicinoides	1 a 1 736,2 mg/100 g
Flavonoides (quercitina, luteonina y apeginina)	1,3 a 27 mg/100 g
Capacidad antioxidante	2 a 9,2 mmol/100 g
Vitamina E (tocoferoles α , β y γ)	0,2 a 33,3 mg/100 g
Grasa	2,2 a 23,1 g/100 g
Azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa)	8,4 a 39,5 g/100 g

Fuente: (Libreros et al., 2013)

El ají en su composición, tiene en promedio de 74 % de agua; 2,3 % de proteína y 15,8 % de carbohidratos; entre otros de sus componentes están las vitaminas, minerales y alcaloides o también denominados capsaicinoides, prevaleciendo esta última, con intervalo de 0,5 a 1 %; entre las características a evaluar para saber la calidad, encontramos al picor, el color y la cantidad de vitamina C (Riva, 2019).

2.2. Requerimientos edafoclimáticos del ají

Las condiciones ambientales siempre han sido factores críticos para que las plantas crezcan y se desarrollen con normalidad; entre ellos, tres factores primarios y ecológicamente importantes para el crecimiento de las plantas son la luz, la temperatura y el agua; la luz, al ser la única fuente esencial de energía, representa un papel determinante en el crecimiento y desarrollo de los organismos autótrofos (Gangadhar et al., 2012); la calidad e intensidad afectan el crecimiento celular y la composición de la biomasa (Bialevich et al., 2022); por lo tanto, no es sorprendente que las plantas hayan desarrollado la capacidad de detectar diversos factores de las señales de luz ambiental, incluida la calidad y cantidad de luz (Gangadhar et al., 2012).

Tabla 2. Requerimientos climáticos y edáficos del ají

Parámetros	Requerimientos edafoclimáticos del ají
Zona de vida	Las zonas subtropicales y cálidas, son ideales para este cultivo
Suelos	Clase textural franco limosa y franco arenosa
Altitud	20 a 1 600 msnm
Temperatura	18 a 28 °C durante el día y 13 a 19 °C durante la noche
Precipitación	600 a 1 250 mm/año
Humedad relativa	70 % a 90 %
p H	6 a 6,5

Fuente: (Baquero et al., 2005).

2.3. Densidad de siembra en el ají

Es un indicador que expresa la cantidad de plantas presentes en un área determinada y es un factor clave en la producción agrícola (Rosado, 2021). La densidad de siembra óptima es aquella que maximiza el rendimiento del cultivo, además de influir en características fenotípicas reguladas por factores como el abastecimiento hídrico, la nutrición y la interceptación lumínica (Quintero y Barraza, 2009); es un fuerte determinante del rendimiento en varios cultivos, incluido el ají (Setiawati et al., 2022); es un método básico de manejo, para el control de la cantidad de luz que reciben los cultivos (Castellanos et al., 2009); es una alternativa para la búsqueda del incremento en la producción de los cultivos (Cano, 2016); Se puede modificar con el espacio entre hileras y entre plantas (Setiawati et al., 2022); es el objetivo de una cultura de manejo integrado de cultivos, ya que la siembra con un espaciamiento óptimo proporciona una aireación adecuada, lo que reduce la aparición de plagas y enfermedades, aumentando así la competitividad de las plantas y evitando el uso de herbicidas (Rosado, 2021); es un criterio por considerar y desempeña un papel muy importante porque su

efecto sobre la competencia interespecífica depende de factores como la temperatura, la luz, el agua, la absorción de dióxido de carbono y la absorción de nutrientes (Ramos, 2021); esta se debe a la influencia de los cultivos, la competencia entre otras plantas de la misma especie u otras plantas en un espacio determinado (Rosado, 2021); al implementarla adecuadamente puede ser viable la cosecha mecanizada, que permita obtener campos que proporcionan un 80 % de captura y menos del 25 % de daño mecánico con cabezales de rotación invertida (Gozzer, 2018)

Muchos factores influyen en la población óptima de plantas para un cultivo, como la disponibilidad de agua, nutrientes y luz solar, la duración de la temporada de crecimiento, el tamaño potencial de la planta y la capacidad de la planta para cambiar su forma en respuesta a condiciones ambientales variables (plasticidad morfológica); al determinar la población óptima de plantas en un entorno adecuado, es posible obtener un rendimiento óptimo (Setiawati et al., 2022b).

2.4. Temperatura y humedad en la actividad metabólica del ají

La alta temperatura y la radiación solar conducen a altas temperaturas de la planta, causando así estrés por calor (Masabni et al., 2016), La temperatura y la humedad afectan de manera integral el metabolismo del ají, incidiendo en la absorción de agua, la fijación de carbono y la distribución de fotoasimilados, lo que se traduce en variaciones en su fenología y morfología (Chaves-Barrantes et al., 2017); la poda, la calidad y cantidad de la luz pueden afectar la carga de la fruta, la forma de la fruta, el valor nutricional y calidad del ají (Parniani et al., 2022).

La agronomía propone estrategias para prevenir y mitigar el estrés térmico, que incluyen desde la selección de genotipos tolerantes hasta la implementación de prácticas de manejo agronómico (Chaves-Barrantes et al., 2017). El estrés por calor puede ser atenuado mediante diversas prácticas agronómicas, como el uso de coberturas de suelo y sistemas de sombreado (Paredes-Jácome et al., 2019), la aplicación de reguladores de crecimiento vegetal con propiedades protectoras (Ichwan et al., 2022) y otros compuestos bioactivos derivados de plantas (Chaves-Barrantes et al., 2017).

2.5. Fenología del ají.

Riva (2019b), en su detallada investigación sobre la fenología del *Capsicum chinense* en sistemas agroforestales de Pucallpa, estableció que la planta presenta un ciclo de vida anual, con una fase vegetativa de aproximadamente 60 días y una fase reproductiva de 45

días. Además, el autor reportó que la floración y fructificación se concentran principalmente en los meses de octubre a marzo, coincidiendo con la estación lluviosa en la región.

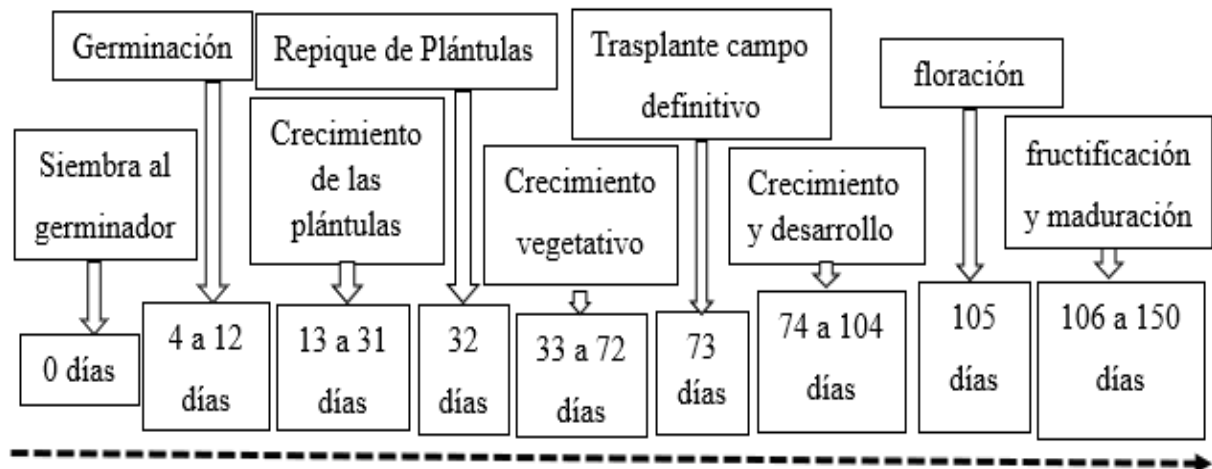


Figura 1. Fenología del *Capsicum chinense* Jacq.

2.6. Índice de área foliar (IAF)

Es un parámetro estructural importante de las copas de las plantas utilizadas en los modelos de biosfera terrestre, que afecta la radiación activa fotosintética interceptada, juega un papel fundamental en las decisiones de manejo de muchos cultivos (Ilniyaz et al., 2023), Es una variable valiosa para evaluar el vigor de las plantas, refleja las concentraciones de sus nutrientes y ayuda en el manejo preciso, incluida la fertilización, mejorando el rendimiento, la calidad y la uniformidad de la plantación (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2016; Ilniyaz et al., 2023). Se obtiene de la relación entre la superficie foliar y la superficie de terreno ocupada por el cultivo y se considera un parámetro indicativo de la productividad, llamado también extensión del dosel (Angele et al., 2016). Los métodos ópticos se utilizan comúnmente para medir el IAF debido a su naturaleza no destructiva, conveniencia y rapidez (Wen et al., 2022).

2.7. Labores que requiere el cultivo.

2.7.1. Época de siembra

La época óptima de siembra de ají en la costa central corresponde a la primavera, utilizando almácigos. En zonas más cálidas, la siembra puede iniciarse en invierno. En ambos casos, la técnica de almácigo favorece la obtención de plantas uniformes y acelera el ciclo productivo (Castillo (como se citó en Ugás y Mendoza, 2012).

2.7.2. Selección, preparación y cantidad de semilla de ají

Previo a la cosecha, se seleccionan plantas que exhiben características agronómicas deseables y alta productividad. Luego, se procede a cosechar y clasificar los frutos maduros, sanos, uniformes y libres de daños físicos (Riva (como se citó en Arévalo, 2012)). Posteriormente, se acondicionan los frutos para extraer las semillas de forma manual, utilizando guantes. Los frutos se remojan en un recipiente durante aproximadamente tres días y luego se separan las semillas. Las semillas, luego de un proceso de secado a la sombra por dos días, son seleccionadas meticulosamente considerando criterios fenotípicos como tamaño, color y sanidad. Para garantizar una siembra óptima de ají charapita, se establecieron densidades de población de 15 625, 10 000 y 3 333 plantas por hectárea, requiriendo respectivamente 61 g, 39 g y 13 g de semilla, obtenidos a partir de 452 g, 289,85 g y 96,62 g de fruto (Riva, 2019b).

2.7.3. Preparación de camas para almácigo de ají

Para optimizar el trasplante y garantizar un alto porcentaje de prendimiento, las camas de almácigo se ubican en proximidad al campo definitivo. En ecosistemas de terrazas altas, se preparan camas de 1,20 m de ancho, 5-10 cm de altura y 2 m de largo, utilizando un sustrato enriquecido con 4 kg/m² de materia orgánica. Se construye un tinglado de 1,5 m de altura para proteger las plántulas de las condiciones climáticas adversas (Riva, 2019b).

Siembra de las semillas. Riva, (2019b) afirma que las semillas seleccionadas deben ser tratadas con productos fitosanitarios para prevenir enfermedades y plagas, y posteriormente sembradas en líneas rectas a una profundidad de 1 cm y un distanciamiento entre hileras de 15 cm. La germinación se observa entre 4 y 12 días después de la siembra.

2.7.4. Preparación de vivero

Labores necesarias en la preparación del vivero de ají. La ubicación del vivero debe ser estratégica para facilitar el manejo de las plántulas. Se prepara un sustrato enriquecido con materia orgánica y desinfectado para garantizar un óptimo desarrollo radicular. El uso de bolsas de polietileno negras permite un mejor control de la humedad y temperatura del sustrato. El repique se realiza en el momento adecuado para minimizar el estrés de las plántulas (Riva, 2019b).

2.7.5. Preparación de campo definitivo

La preparación del terreno exhibe una dualidad de métodos: tradicional (rozo, tumba, quema y shunteo) y mecanizado (tractor). La elección del método y la época del año depende de las características del suelo (terrazas altas o aluviales) y de la estacionalidad, priorizando siempre la estación seca antes de la inundación.; otras actividades a realizar incluyen a la demarcación, elección del distanciamiento de siembra, poceado, aplicación de abonos y fertilizantes antes y después del trasplante de las plantas de ají (Riva, 2019b).

2.7.6. Fertilización

El manejo adecuado de la nutrición de los cultivos significa un uso eficiente de los nutrientes (Romero-Lozada et al., 2016); la aplicación de fertilizantes orgánicos biochar y poschar derivados del estiércol animal influye sustancialmente en la altura de la planta, el peso de la fruta fresca por planta y la materia orgánica del suelo (Situmeang et al., 2023); en estudios hechos al aplicar 3 kg de humus de lombriz/planta de ají charapita, se obtuvo mejoras, en las características agronómicas e incremento del rendimiento (3 863,8 kg/ha) (Mozombite, 2012); en otro estudio, que consistió en la aplicación de vermicompost, este aumentó significativamente la altura de la planta, la distancia de entrenudos y el número de ramas laterales, se observó que el abono con 15 t/ha del vermicompost de vaca resultó con un mayor contenido de clorofila, rendimiento de fruta y número de frutos en dos estaciones y 2 años de evaluaciones (Aminifard, 2022)

Romero-Lozada et al. (2017), los autores afirman que si bien es cierto el orden de extracción de nutrientes realizado por diferentes variedades de ají coincide en el orden de mayor a menor, las cantidades en proporción, son influenciadas por el genotipo; así mismo manifiestan que para el caso de *Capsicum chinense* (ají), la extracción porcentual para la producción de 1 000 kg de fruto fresco, en base a su extracción como K, N, P, Mg, S, Ca, Na, Fe, Mn, Zn, B y Cu corresponde a 44,25 %; 40,95 %; 4,76 %; 2,46 %; 2,34 %; 1,81 %; 0,44 %; 0,08 %; 0,02 %; 0,02 %; 0,01 % y 0,01 %, respectivamente. Es posible incrementar el rendimiento, con planes de fertilización que cumplan la cantidad de potasio (K), nitrógeno (N) y fosforo (P), que el cultivo exige (Baquero et al., 2005).

La fertilización se basa en el conocimiento de los requerimientos de macro y micronutrientes de las plantas, elementos indispensables para su estructura y metabolismo. La observación de síntomas visuales y los análisis de suelo y foliar son herramientas clave para determinar las dosis y frecuencias de fertilización, asegurando un suministro adecuado de nutrientes (Riva, 2019b).

2.7.7. Riego

Con el riego se puede aumentar los niveles de humedad del suelo; esto es muy beneficioso pues cuando hay suficiente agua, el proceso de absorción de nutrientes y la tasa de fotosíntesis se ejecutarán sin problemas, favoreciendo un desarrollo vegetativo más vigoroso (Faridah et al., 2023); al incrementar la capacidad de retención hídrica, la aplicación de ácido húmico se traduce en un aumento en el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Ichwan et al., 2022). El régimen de riego se ajusta a las condiciones climáticas locales. Durante el verano, se recomienda realizar riegos cada dos días durante las primeras dos semanas posteriores al trasplante. Para ello, se emplea una bomba de mochila de 20 L, aplicando un volumen total de 60 L en un área de 342 m², preferiblemente durante las horas de la tarde, para asegurar una distribución uniforme del agua (Riva, 2019b).

Debido al cambio climático global, el estrés por calor es un factor ambiental crítico para afectar negativamente el crecimiento y la productividad de las plantas. Induce cambios en la maquinaria celular y las funciones de las enzimas antioxidantes en las plantas (Saeed et al., 2023); las condiciones de estrés por salinidad afectan positivamente el porcentaje Brix de la cosecha. Sin embargo estas mismas condiciones, afectan negativamente el crecimiento de las plantas y los parámetros de rendimiento (Rathnayaka et al., 2022).

2.7.8. Control de malezas, plagas y enfermedades en el ají.

Control de malezas en el cultivo de ají. La presencia de malezas en el cultivo representa una amenaza constante, ya que compiten por recursos limitados, reduciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas y, en consecuencia, disminuyendo los rendimientos. Para mitigar este problema, se implementan estrategias de control que combinan prácticas culturales, mecánicas y químicas (Riva (como se citó en Romero, 2017)).

En las terrazas altas, las malezas predominantes son *Cyperus rotundus*, *Cyperus luzulae*, *Cynodon dactylon*, *Phyllanthus niruri*, *Mimosa púdica*, *Pueraria phaseoloides* y *Urena lobata*. Para su control, los productores locales implementan estrategias de manejo integrado. Entre las prácticas culturales, destaca el uso de asociaciones de cultivos, como yuca y plátano, que proporcionan sombra y compiten por recursos con las malezas, limitando su desarrollo. Además, se promueve el uso de coberturas vegetales como *Desmodium*, *Commelina diffusa* y *Lindernia crustacea*, que favorecen la salud del suelo y reducen la incidencia de malezas. En áreas de mayor extensión, se recurre al control químico, empleando herbicidas de contacto y sistémicos, siempre considerando las recomendaciones técnicas y las regulaciones fitosanitarias (Riva, 2019b).

Plagas y enfermedades más comunes y destructivas del ají

Tabla 3. Plagas, daño que causan y métodos de control

Orden	Familia	Género y especie	Daños	Control
Homóptera	Aphididae	<i>Toxoptera sp.</i>	Consumen la savia, causando daños en hojas, tallos y brotes.	Control cultural (eliminación de malezas y partes enfermas), etológico (trampas adhesivas de color), orgánico (extractos vegetales insecticidas) y químico (Dimetoato a 3 cm ³ /L)
Coleóptera	Chrysomelidae	Diferentes especies del género <i>Diabrotica sp.</i>	Dañan las hojas en todas las etapas del cultivo.	Realizar aplicaciones foliares de Carboxin (4 ppm) y Rotenona al 35% (1.5-2.25 mL/L)
Lepidóptera	Sphingidae	<i>Manduca sexta</i> y otras especies de <i>Spodoptera</i> , como <i>S. ornitogalli</i>	Causan defoliación completa y daño severo a frutos	Tratamiento químico con Carboxin a una concentración de 4000 ppm.
Ortóptera	Gryllotalpidae	<i>Schitoscerca peruviana</i> , <i>Conocephalus</i> y <i>Grillotalpa sp.</i>	Cortan los tallos de plántulas tiernas.	Químico (Aplicar Lorban al 2,5 % y Lindano al 1 %).

Fuente: (Riva, 2019b)

El manejo de malezas es un aspecto importante en la producción exitosa de estos cultivos. Las malas hierbas reducen el rendimiento de los cultivos en un 45 % – 95 % en el caso de las malas hierbas, competencia vegetal, baja su calidad y aumenta los costos de producción; albergan plagas y enfermedades aumentando así la necesidad de controlarlos también, el manejo de malezas puede involucrar tratamientos no químicos y/o métodos químicos; la decisión del método a utilizar depende de las condiciones ambientales, disponibles

la mano de obra, la población de malezas, el cultivo, las prácticas de manejo deseadas y el costo de controlar las malezas (Attri, 2022).

Tabla 4. Enfermedades del ají, agente causal, síntomas y métodos de control

Enfermedad	Agente	Síntomas y signos	Control
La chupadera	<i>Rhizoctonia solani</i> .	Las plántulas muestran lesiones en la base del tallo (color café rojizo a oscuras), afectando las raíces y el cuello de la planta, produciendo marchitamiento y la caída de la planta atacada.	Cultural (No sembrar en suelos húmedos, sembrar el almácigo en suelos fértiles y a densidades adecuadas); Semillas tratadas con Benomyl (25 g/kg), Mancozeb (180-240 g/100 L) y Clorotalonil (1.7-2.1 L/ha), y aplicación de Carboxín al suelo (2 kg/ha)
Marchitamiento	<i>Fusarium sp.</i>	Presencia de amarillamiento en hojas basales, posteriormente se marchitan y secan	Siembra en suelos con buen drenaje y la desinfección de equipos agrícolas con una solución de hipoclorito de sodio al 5%, tratamiento de semillas con Benomyl e Imazalil a razón de 3 g/kg
Antracnosis del fruto y hoja	<i>Colletotrichum gloesporioides</i>	Se observan manchas negras y hundidas en forma de úlcera que aparecen sobre las hojas, tallos, flores y frutos. Limita el desarrollo y fructificación de la planta.	Prácticas culturales como la selección de semillas sanas, la limpieza del campo y la destrucción de material infectado, así como el uso de extractos de plantas biocidas como el ajo sacha (4 dientes/L) y la cebolla (1 cabeza/L)

Fuente: (Riva, 2019b)

2.7.9. Cosecha y postcosecha del ají

La cosecha del ají se realiza manualmente, iniciando en el cuarto mes y con una frecuencia de 10 a 15 días. Los frutos se recolectan en su punto óptimo de madurez, utilizando recipientes adecuados para evitar daños. Se recomienda realizar la cosecha en las

horas más frescas del día. Una vez recolectados, los frutos pueden durar aproximadamente cinco días en condiciones naturales antes de que se desprendan del pedúnculo y comiencen a deshidratarse. Para maximizar su conservación comercial, es crucial cosechar frutos completamente sanos y transportarlos en recipientes adecuados que minimicen el riesgo de daños físicos (Riva, 2019b).

2.8. La materia seca (MS) y el contenido de clorofila.

El porcentaje de materia seca se refiere a la cantidad de alimento en un producto, excluyendo el agua. Para determinarlo, las muestras se someten a un calor moderado (generalmente a 65°C durante 48 horas) para evaporar toda el agua, dejando solo la materia seca (Aguilar, 2016). Este componente es fundamental para la formación del rendimiento, ya que un aumento en la acumulación total y en la proporción destinada a los frutos son factores clave para mejorar el rendimiento (Trujillo, 2021).

Además, el incremento en la materia seca y en el rendimiento final está estrechamente relacionado con un aumento en el área foliar (AF), así como con la prolongación de la duración del área foliar y del período de crecimiento (López, 2017). Esto sugiere que una gestión adecuada del área foliar puede ser crucial para optimizar el rendimiento del cultivo. El contenido de clorofila es un indicador crucial de la salud de la planta. Una disminución en este pigmento puede señalar problemas en los fotosistemas, ya que limita la capacidad de la hoja para absorber luz. Esto, a su vez, reduce la energía disponible para la fotosíntesis, lo que puede afectar el crecimiento y el rendimiento de la planta (Yuniati et al., 2023).

2.9. Rendimiento y calidad del ají

El éxito de la producción del cultivo podría verse afectado por varios factores, incluida la edad del trasplante, la fertilización, el manejo de plagas y enfermedades, la poda y la densidad de plantas (Setiawati et al., 2022), pero es claro que la productividad del ají depende en gran medida de la idoneidad de la tierra, los factores climáticos, las prácticas y mejoras en el cultivo (Darmawan et al., 2023). Se ve afectada por el estrés por sequía y en ocasiones por el exceso de lluvias (Gozzer, 2018), esto al repercutir negativamente en sus procesos morfológicos y fisiológicos, en respuesta, la planta activa sus mecanismos de defensa, pero la sequía o humedad severa, afecta estas respuestas (Ghadirnezhad et al., 2023).

El aumento del crecimiento, el rendimiento y la calidad se puede perseguir a través de variedades superiores y el esfuerzo para aumentar la productividad de los cultivos es la aplicación de varias dosis de fertilizante de potasio (Kusumiyati et al., 2022); el uso extensivo de fertilizantes químicos ha tenido un grave impacto en la calidad y sostenibilidad de los

alimentos y el medio ambiente; es así que los abonos orgánicos y biofertilizantes pueden satisfacer plenamente el requerimiento nutricional del cultivo, entonces las plantas requieren menos aplicación de fertilizantes químicos; por lo tanto, la comida es baja en residuos químicos y el medio ambiente está menos contaminado (Imran et al., 2022). El manejo adecuado de la nutrición de los cultivos significa un uso eficiente de los nutrientes (Romero-Lozada et al., 2016).

La aplicación de un programa de fertilización integrado, que combine fertilizantes químicos, materia orgánica y biofertilizantes, resulta en un aumento significativo en el rendimiento del ají, al tiempo que promueve la sostenibilidad del sistema de producción y mejora la calidad del suelo (Rodríguez et al., 2010). Sumado a esto, se presentan las alternativas de sombreado ligero y poda, los cuales no reducen el contenido total de materia seca de la planta, pero en cambio aumentan el índice de área foliar, el número de fruta por planta y el rendimiento total (Jaimez et al., 2002; Kittas et al., 2012).

Así mismo el uso de acolchado de paja de arroz, seguido del deshierbe a mano luego de 75 días después del trasplante (ddt) y el mulching surgen como técnicas superiores no químicas de control de malezas manejo que resulta en un mejor crecimiento y rendimiento de los cultivos; acolchado de paja de arroz seguido de deshierbe manual rinde hasta un 6,45 % más de ají que el mulching, un 17,43 % más que el deshierbe mecánico y un 23,83 % más que la aplicación de herbicida (Chandra et al., 2022); el hábito de crecimiento lento del ají lo hace susceptible a la competencia de malezas (Attri, 2022); ya que la pérdida de rendimiento, causada por las malezas competitivas varía de 53,74 % a 84,66 % (Chandra et al., 2022).

Los esfuerzos para aumentar la producción de ají, se pueden hacer mediante la inducción de mutaciones con irradiación de rayos gamma (Martin et al., 2022), el incremento en la densidad de población intensifica la competencia por recursos, lo que afecta negativamente el rendimiento individual de las plantas (Rangel, 2016); sin embargo los rendimientos de frutos tempranos comerciales y no comerciales llegan a ser más altos cuando los ajíes se trasplantan teniendo en cuenta su época de siembra y aumentando su densidad de siembra (Holle et al., 1983).

Tabla 5. Caracterización cuantitativa de la colección de germoplasma de *Capsicum sp.* en Agrosavia.

DESCRIPTOR	Unid	GRUPOS				
		GI	GII	GIII	GIV	GV
Número de Cosechas	Num	6,5±1,5	5,0±1,1	6,8±1,0	7,1±1,2	7,3±2,0
Rendimiento por planta	g	719±219	451±164	666±236	862±265	700±35
Peso promedio de fruto	g	5,0± 0,7	4,7±0,5	4,3±0,7	5,2±0,9	8,5±0,1
Número de frutos	Num	150,4±51	100,4±34	157±46	173±66	86±4,4
Número de ramas	Num	5,8±0,8	5,3±0,6	5,5±0,6	5,4±0,8	3,2±0,8
Ancho de planta	cm	73,3±11	70,7±11	82±10	93±11	67±10
Altura de planta	cm	87,0±8,0	76,2±12	83±9,4	95±18	49±18
Diámetro del tallo	mm	20,6±2,7	19,6±4,1	19±2,3	26±4,3	15,2±1
Ancho de fruta	cm	2,4±0,2	2,4±0,2	2,5±0,6	2,4±0,2	2,7±0,1
Longitud del fruto	cm	5,4±0,4	5,1±0,5	4,9±0,8	5,4±0,4	6,4±2
Espesor del mesocarpio	mm	1,5±0,2	1,5±0,1	1,5±0,2	1,6±0,2	1,9±0,1
Días a floración	día	133,8±9,6	139,2±8,2	127,2±11	121,2±9	92,5±4
Días de fructificación	día	148,3±14	154,7±12	139,7±13	135,6±9	110±10

Fuente: (Correa et al., 2019)

Para determinar el rendimiento de cada tratamiento, se suma el peso fresco de los frutos cosechados en el área neta de cada parcela, siguiendo el protocolo establecido por López (2017), quien sugiere que el rendimiento se calcule como la suma de las cosechas obtenidas en el área neta de la parcela. La madurez de los frutos se evalúa visualmente, recolectándose aquellos que alcanzan su coloración característica, correspondiente a la etapa de madurez fisiológica (Zamljen et al., 2022). Para evaluar las condiciones ambientales y su influencia en el rendimiento y la calidad del cultivo, se monitorean variables micro climáticas (temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa, radiación solar) y agronómicas (conductividad eléctrica del suelo a diferentes profundidades, contenido de humedad del suelo a diferentes profundidades) en dos momentos clave: a los 40 días posteriores al trasplante, coincidiendo con el inicio de la floración, y al finalizar el ciclo del cultivo (Paredes-Jácome et al., 2019).

Para la recolección de datos, se establece un diseño experimental completamente aleatorizado, con mínimo tres repeticiones por tratamiento. En cada unidad experimental se seleccionan al azar 10 plantas, las cuales son evaluadas en cuanto a altura, número de hojas, presencia y número de ramas primarias y secundarias, número de frutos por planta, tamaño y peso de frutos. Con base en estos datos, se estima el rendimiento potencial en kg/ha (Huamancayo, 2022; Kesumawati et al., 2020).

2.10. Descripción agronómica del ají de mesa y ají limo.

Tabla 6. Descripción y características del *Capsicum chinense* Jacq (ají de mesa y ají limo)

DESCRIPCION	VARIEDAD DE AJI	
Nombre común	Ají de mesa, tomatito rojo	Ají limo, ají cevichero
Nombre científico	<i>Capsicum chinense</i> Jacq	<i>Capsicum chinense</i> Jacq
Código nacional	PER006959	PER006984
Datos agronómicos		
Habito de crecimiento	Postrada	Intermedia (compacta)
Rendimiento	0,045 – 7,3 kg/planta (3,40)	0,045 – 7,3 kg/planta (2,58)
Características del fruto fresco		
Color del fruto maduro	Rojo oscuro	Amarillo-anaranjado-rojo
Forma del fruto	Triangular	Elongado
Longitud del fruto	4,8 cm	4,6 cm
Diámetro del fruto	2,4 cm	1,5 cm
Peso del fruto	7,99 g - 10,1 g	15,98 g
Caracterización bioquímica del fruto seco (rango de referencia)		
Capsaicinoides mg/100 g	161,9	5,4
Vitamina E mg/100 g	2	7,8
Antioxidantes mmol/100 g	4,5	2,7
Flavonoides mg/100 g	8,1	4
Quercetina mg/100 g	6,4	4
Azúcar g/100 g	31,4	3,3
Grasa g/100 g	5,3	7,4

Fuente: (Salazar-Ayora, 1993; Libreros et al., 2013)

2.11. Entisols.

El suelo, un complejo sistema biológico moldeado por la interacción de organismos y procesos naturales, es un recurso esencial y finito. La intensificación de su uso por las actividades humanas subraya la necesidad de comprender sus características y limitaciones inherentes. La clasificación de suelos, basada en propiedades comunes y factores formadores, es una herramienta fundamental para simplificar el análisis y la gestión de este recurso. Sistemas como la Soil Taxonomy y la Base Referencial Mundial (WRB) ofrecen marcos jerárquicos para clasificar los suelos según criterios como los regímenes de humedad y temperatura, facilitando la comunicación científica y la toma de decisiones informadas en diversos campos, desde la agricultura hasta la conservación (Gardi et al., 2014).

Los Entisoles, suelos jóvenes formados a partir de materiales no consolidados y carentes de horizontes genéticos desarrollados, presentan características particulares que influyen en su uso agrícola. Su textura arenosa, común en todas las capas, implica una baja capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que limita su fertilidad natural. Sin embargo, su condición de suelos recientes y su frecuente asociación con materiales ricos en minerales pueden hacerlos cultivables si se implementan prácticas de manejo adecuadas, como la adición de materia orgánica y la aplicación de fertilizantes. No obstante, la baja actividad biológica y el bajo contenido de materia orgánica son factores limitantes para su desarrollo agrícola a largo plazo (Ifatimehin et al., 2021).

La juventud de los suelos en las llanuras de la selva, especialmente los Entisoles, se traduce en una fertilidad natural relativamente baja y una alta susceptibilidad a la degradación. La limitada formación de horizontes y la baja cantidad de materia orgánica limitan su capacidad de retención de nutrientes y de agua. Sin embargo, estos suelos presentan un alto potencial para la producción agrícola y forestal, siempre y cuando se implementen prácticas de manejo adecuadas que permitan conservar y mejorar sus propiedades (United States. Bureau of Chemistry and Soils et al., 1998).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución del experimento

La Figura 2 muestra la ubicación geográfica del área de estudio, correspondiente al Fundo del Colegio Agropecuario Naranjillo, situado al norte de la ciudad de Tingo María. Este sitio se encuentra en el distrito de Fray Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, y presenta las siguientes coordenadas UTM: 390898,52 m E y 8976320,63 m N, a una altitud de 635 msnm.

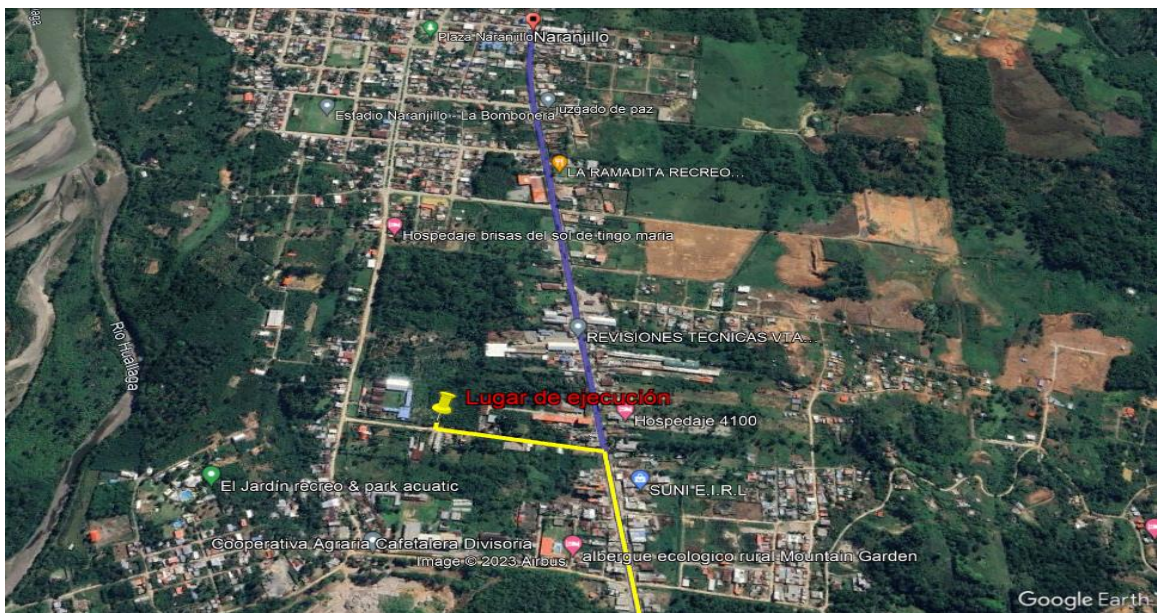


Figura 2. Imagen satelital de la parcela experimental (Google Earth Pro, 2024).

3.1.1. Zona de vida

La diversidad de zonas de vida en la provincia de Leoncio Prado, como el bosque húmedo tropical y el bosque montano húmedo premontano tropical, está influenciada por las condiciones climáticas locales. En Tingo María, el clima tropical se caracteriza por una temperatura promedio que oscila entre 19 °C y 30 °C a lo largo del año (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2011). Los veranos son cortos, cálidos y nublados, mientras que los inviernos son cortos, calurosos y parcialmente nublados. Estas condiciones climáticas, junto con otros factores como la topografía y los suelos, determinan la distribución de la vegetación y la fauna en la región (INDECI, 2011).

3.1.2. Observaciones meteorológicas

Tingo María presenta un régimen de precipitaciones estacional, con un promedio anual de 3 328 mm. Las lluvias se concentran principalmente entre los meses de septiembre y abril, alcanzando su pico máximo en febrero con un promedio mensual de

360,80 mm. En los últimos 7 meses se han registrado los siguientes datos climatológicos relacionados con la investigación realizada:

Tabla 7. Datos meteorológicos promedio.

Meses	Temperatura			Precipitación	Humedad relativa
	Máxima	Mínima	Media		
2024	(°C)	(°C)	(°C)	(mm)	(%)
Febrero	28,8	20,2	24,5	443,9	81,2
Marzo	31,5	21,8	26,3	382,7	62,4
Abril	30,8	21,7	26,2	221,5	81,6
Mayo	31,6	21,9	26,8	179,4	78,3
Junio	30,7	20,9	25,8	265,0	83,1
Julio	30,7	20,2	25,4	105,6	83,0
Agosto	32,0	20,3	26,1	74,4	79,0
Promedio	30,87	21,00	25,87	238,93	78,37

Fuente: Estación experimental “José Abelardo Quiñones” UNAS.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

Se utilizó, machete, palana, balde plástico, bolsas plásticas, marcadores indelebles, mochila, manguera, bolsas ziploc, combustible, fertilizantes, fungicida, insecticida, cinta masking, tubo muestreador, letreros de identificación, cinta métrica, papel Kraft, cámara fotográfica, malla rashel, rafia, estacas, plástico, bandejas, jabas, costales, balanza de precisión, vernier, regla, laptop, calculadora, estufa, medidor de clorofila, software Minitab 17.

Material biológico. Se uso material vegetal (semilla) , de *Capsicum chinense* (ají de mesa y ají limo), la cual se obtuvo de frutos en madurez fisiológica, de una parcela en producción perteneciente al Ing. Abner Celio Iglesias Cruz; para la cantidad de semilla se necesitó 0,739 kg ají de mesa y 2,341 kg de ají limo, considerando que cada fruto fresco tiene en promedio 40 y 25 semilla/fruto, respectivamente y necesitábamos 7 552 semillas; al extraer las semillas, se hizo secar a temperatura ambiente y se guardó en papel kraft.

3.2.2. Metodología

La investigación es experimental y se desarrolló de la siguiente manera:

3.2.2.1. Muestreo para análisis de caracterización de suelo y apertura de calicata

Para el inicio de este estudio, se recolectó una muestra compuesta de suelo de 1 kg, obtenida a partir de 20 submuestras tomadas en zigzag a una profundidad de

20 cm. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). Adicionalmente, se realizó una calicata para describir detalladamente las características morfológicas del perfil del suelo (Tabla 40).

3.2.2.2. Implementación y seguimiento del experimento

Labranza y preparación del suelo. En primer lugar, se limpió el terreno, se mecanizó el terreno, pasando arado de disco y rastra, además con la ayuda de jalones, rafias y wincha se definió e identificó los bloques y tratamientos, plasmados en el croquis del campo experimental.

Construcción del vivero y llenado de bolsas. Se construyó un vivero de 36 m² (12 m x 3 m) con una estructura de 12 postes de madera de 1,5 m de altura. Se cubrió con varillas de caña brava y malla raschel para proteger las 2 200 bolsas de sustrato de las inclemencias climáticas. El sustrato, previamente tamizado, se distribuyó en las bolsas, considerando un 5 % adicional para posibles replantaciones

Siembra y cultivo de plántulas de ají. Las cuatro semillas, fueron introducidas en bolsas de 6 in x 12 in llenas de sustrato, a una profundidad de 1 cm y tapadas, para que al momento del riego no floten; la germinación en ambas variedades, se dio entre 7 a 9 días; las plántulas fueron seleccionadas, de manera que solo quedo en la bolsa, la mejor plántula, fue necesario aplicar riego cada dos días. Luego las plántulas fueron llevadas a campo definitivo para la fase experimental a los 50 días.

Trasplante a campo definitivo. Las plántulas, con ocho hojas a los 40 días de germinación, fueron trasplantadas a sus ubicaciones definitivas. Se realizó un control manual de malezas y se adicionaron 100 g de compost a cada hoyo para enriquecer el suelo.

Control de malezas. El deshierbe manual, realizado con azadón, fue una práctica fundamental para garantizar el vigor de las plantas, al reducir la competencia por recursos y el riesgo de infestaciones

Aporque. Se hizo utilizando azadón a los 80 días, con la finalidad de darle mayor estabilidad, propiciar el desarrollo de raíces y tapar los fertilizantes.

Régimen de riego. Se implementó un riego frecuente y localizado mediante manguera, iniciando inmediatamente después del trasplante. La frecuencia se ajustó cada 10-15 días, incrementándose durante la prefloración para mantener la humedad del suelo. En total, se realizaron 5 riegos antes del inicio de la temporada de lluvias.

Fertilización. Se aplicó un abonamiento estándar, en base a la cantidad de nutrientes requeridos para 23 toneladas de fruto fresco 153 N + 25 P₂O₅ + 203 K₂O

kg/ha, reportado en Bertsch (2003) y considerando el análisis de suelo (Figura 25); los fertilizantes fueron aplicados en mezcla y fraccionado en dos aplicaciones; la primera a 20 días de realizado el transplante en campo definitivo (50 % del N + todo el P₂O₅ y el 50 % de K₂O) y la segunda 27 días después; los fertilizantes fueron depositados a una distancia de 10 cm del tallo, procurando que quede bien tapado.

Tabla 8. Requerimientos nutricionales.

Nutriente	Nivel (kg/ha)	Fuente y riqueza	Cantidad/ha	g/planta
N	187	Urea (46 %)	406,52 kg/ha	34,15 g
P ₂ O ₅	63	SFTCa (46 % P ₂ O ₅)	136,96 kg/ha	11,50 g
K ₂ O	151	Sulfato de potasio (50 % K ₂ O)	302,00 kg/ha	25,37 g

Control de plagas y enfermedades. Se realizó un monitoreo constante para detectar y controlar oportunamente plagas como áfidos, grillos, diabroticas, mosca blanca, ácaros, gusano perforador del fruto y caracoles. Para su manejo se emplearon ingredientes activos como imidacloprid, cipermetrina, abamectina y emamectin benzoato, complementando con el control manual de plagas. Además, se detectó la presencia de *Alternaria sp.* en la variedad ají de mesa, la cual se controló con fungicidas a base de Mancozeb y Metalaxil, aplicándose a razón de 10 g o 10 ml de cada ingrediente activo por cada 20 L de agua, con una frecuencia de 15 días durante cinco aplicaciones.

Cosecha. La recolección de los frutos (cosecha) se llevó a cabo manualmente una vez que alcanzaron su completa madurez fisiológica, es decir, cuando culminaron todos los procesos de desarrollo y maduración internos: para el ají limo, cuando era visible algo del 5 % de color rojo y en el ají de mesa cuando el fruto presento una consistencia firme y un color verde claro. La primera de las ocho cosechas se llevó a cabo a los 120 ddt y las demás a intervalos de 8 días.

3.2.2.3. Índice de contenido de clorofila

Se midió a los 45 días después del transplante (ddt), en época de fructificación del ají, seleccionando al azar tres plantas de la parcela neta. El punto de medición se estableció eligiendo en total seis hojas por planta, dos del estrato bajo, dos del medio y dos del estrato superior. Se emplearon mediciones de clorofila utilizando un medidor SPAD-502 (Konica Minolta, Inc., Tokio, Japón) para cuantificar el índice de contenido de clorofila en las hojas y evaluar el estado nutricional de las plantas. Durante el periodo de medición se colocó el instrumento en la parte central de la hoja.

3.2.2.4. Área foliar

Al azar se seleccionó tres plantas en crecimiento constante de la parcela neta, de las cuales fue elegida al azar una rama secundaria y se les desprendió todas sus hojas, se las colocó en un fondo blanco con una medida de referencia en cm, luego se determinó el área foliar mediante el software libre Image J. Este valor sirvió para inferir el área foliar total de la planta, multiplicándolas por el número total de ramas secundarias.

3.2.2.5. Determinación del índice de área foliar

A nivel de cada planta se determinó el área foliar, se proyectó a nivel de hectárea (ha). Luego, se determinó el área de suelo a nivel de la proyección de la copa de la planta de ají, mediante la siguiente fórmula:

$$IAF = \frac{\text{Área foliar (m}^2\text{)}}{\text{Área del suelo (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

3.2.2.6. Cuantificación del rendimiento total del cultivo de ají

Una vez obtenidos los datos de peso y conteo de frutos por cosecha, se procedió a calcular el peso total de frutos por tratamiento y por variedad de ají. Posteriormente, considerando las ocho cosechas realizadas, se estimó el rendimiento en kilogramos por hectárea, tomando en cuenta la densidad de siembra de cada tratamiento.

Altura de plantas. Se evaluó el crecimiento en altura de las plantas a los 10, 40, 70 y 120 días después de la siembra, midiendo en centímetros desde la base del tallo hasta el ápice. Los plantines se trasplantaron a campo cuando alcanzaron una altura promedio de 11 a 13 centímetros para el ají de mesa y de 18 a 20 centímetros para el ají limo

Número de ramas secundarias. Se contabilizó el número de ramas secundarias por planta a los 37 días después del trasplante (ddt), durante la fase de fructificación, mediante observación directa. Se utilizó como indicador del vigor vegetativo y de la capacidad de la planta para sostener la producción.

Producción de frutos por planta. Los frutos se cosecharon cada siete días, recolectando aquellos que alcanzaron la madurez comercial en todas las unidades experimentales. Este proceso se repitió durante ocho ocasiones, permitiendo evaluar el rendimiento y la calidad de los frutos a lo largo del ciclo de cultivo.

Rendimiento de fruto fresco. Para determinar el efecto de diferentes densidades de siembra en el rendimiento de ají, se pesaron los frutos cosechados de un número variable de plantas por unidad experimental (6, 8, 12 y 22) en cada una de las ocho cosechas. Posteriormente, se calculó el rendimiento promedio por planta y se promediaron los

datos de las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Esta información permitió evaluar el rendimiento total de cada densidad de siembra y determinar la densidad óptima para obtener la mayor producción

Biomasa fresca. Al finalizar la octava cosecha, se seleccionaron al azar cuatro plantas por tratamiento, excluyendo los frutos, y se registró su peso fresco. Para evaluar el peso de los frutos, se seleccionaron aleatoriamente diez frutos en estado de madurez fisiológica de cada tratamiento durante la quinta cosecha y se pesaron en una balanza digital

Masa seca total. luego de haber tomado el peso fresco, de los diferentes órganos de la planta, se secó la muestra en la estufa (105 °C por 72 horas), de esta manera se determinó el peso seco.

$$\%MS = \frac{PESO SECO}{PESO FRESCO} \times 100 \quad (2)$$

3.2.2.7. Determinar la calidad física del ají

Peso promedio de frutos. Se determinó el peso fresco promedio por fruto maduro utilizando una balanza de precisión. Para ello, se pesó el total de frutos sanos cosechados por parcela y se dividió entre el número de frutos, calculando así el promedio por tratamiento. Este procedimiento se realizó inmediatamente después de cada cosecha

Diámetro polar y diámetro ecuatorial del fruto. Se determinó la longitud de los frutos midiendo desde la base del pedicelo hasta el ápice. El diámetro ecuatorial se midió en la parte media del fruto. Para todas las mediciones se utilizó un vernier electrónico.

Clasificación de la producción. Se clasificó en base al tamaño (ancho y longitud de fruto) y peso, tomando como referencia, a los datos de Córdova-Ramírez y Salazar-Ayora, para lo cual en cada cosecha se extrajo 10 frutos por cada tratamiento. La categoría de clasificación es presentada en la Tabla 29.

3.2.2.8. Análisis de rentabilidad

Para evaluar la viabilidad económica del cultivo de ají bajo diferentes tratamientos, se realizó un análisis de costos y beneficios. Se consideraron todos los costos asociados a la producción, desde la preparación del terreno hasta la cosecha, incluyendo insumos, mano de obra y gastos generales. Los indicadores económicos calculados (ingreso bruto, utilidad, relación beneficio-costos y tasa de rentabilidad) permitieron comparar la rentabilidad de los diferentes tratamientos y determinar el más favorable desde el punto de vista económico.

3.2.2.9. Componentes en estudio

a) Factor A: densidad de siembra

$a_1 = 0,70 \text{ m} \times 1,20 \text{ m}$ (testigo), 11 905 pl./ha

$a_2 = 0,80 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$, 15 625 pl./ha

$a_3 = 0,60 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$, 20 833 pl./ha

$a_4 = 0,40 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$, 31 250 pl./ha

$a_5 = 0,20 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$, 62 500 pl./ha

b) Factor B: variedad de ají

$b_1 =$ Ají de mesa

$b_2 =$ Ají limo

c) Variables en estudio: Variable independiente (dos variedades de ají, cinco densidades de siembra); Variable dependiente (rendimiento, calidad física del fruto); Variable interviniente (factores edafoclimáticos).

3.2.2.10. Tratamientos en estudio

En la Tabla 9, se presenta las densidades de siembra en base a diferentes distanciamientos.

Tabla 9. Tratamientos en estudio.

Trat.	Distanciamiento	Variedad	Densidad (plantas/ha)
T ₁	0,80 m x 0,80 m (1 planta/golpe)	Ají de mesa	15 625 plantas
T ₂	0,60 m x 0,80 m (1 planta/golpe)	Ají de mesa	20 833 plantas
T ₃	0,40 m x 0,80 m (1 planta/golpe)	Ají de mesa	31 250 plantas
T ₄	0,20 m x 0,80 m (1 planta/golpe)	Ají de mesa	62 500 plantas
T ₅	0,80 m x 0,80 m (1 planta/golpe)	Ají limo	15 625 plantas
T ₆	0,60 m x 0,80 m (1 planta/golpe)	Ají limo	20 833 plantas
T ₇	0,40 m x 0,80 m (1 planta/golpe)	Ají limo	31 250 plantas
T ₈	0,20 m x 0,80 m (1 planta/golpe)	Ají limo	62 500 plantas
T ₉	0,70 m x 1,20 m (1 planta/golpe)*	Ají de mesa	11 905 plantas
T ₁₀	0,70 m x 1,20 m (1 planta/golpe)*	Ají limo	11 905 plantas

* Testigo

3.2.2.11. Disposición experimental

❖ **Características de las unidades experimentales:**

Número de U.E/bloque 10

Número de unidades experimentales 40

Área de la unidad experimental 16,80 m²

❖ **Características de los bloques**

Numero de bloques	4
Largo del bloque	44 m
Ancho del bloque	4,80 m
Área del bloque	211,2 m ²
Total, de plantas/bloque	472
Plantas evaluadas/bloque	108

❖ **Características del experimento**

Largo del experimento	44 m
Ancho del experimento	22,2 m
Área del campo experimental	976,8 m ²
Área neta del mayor distanciamiento	5,04 m ²

3.2.2.12. Disposición del campo experimental

Las figuras 5, 6, 7, 8, 9 y 10; hacen referencia al croquis de la disposición de los tratamientos en campo; los tratamientos fueron asignados al azar, mediante la técnica de papeletas.

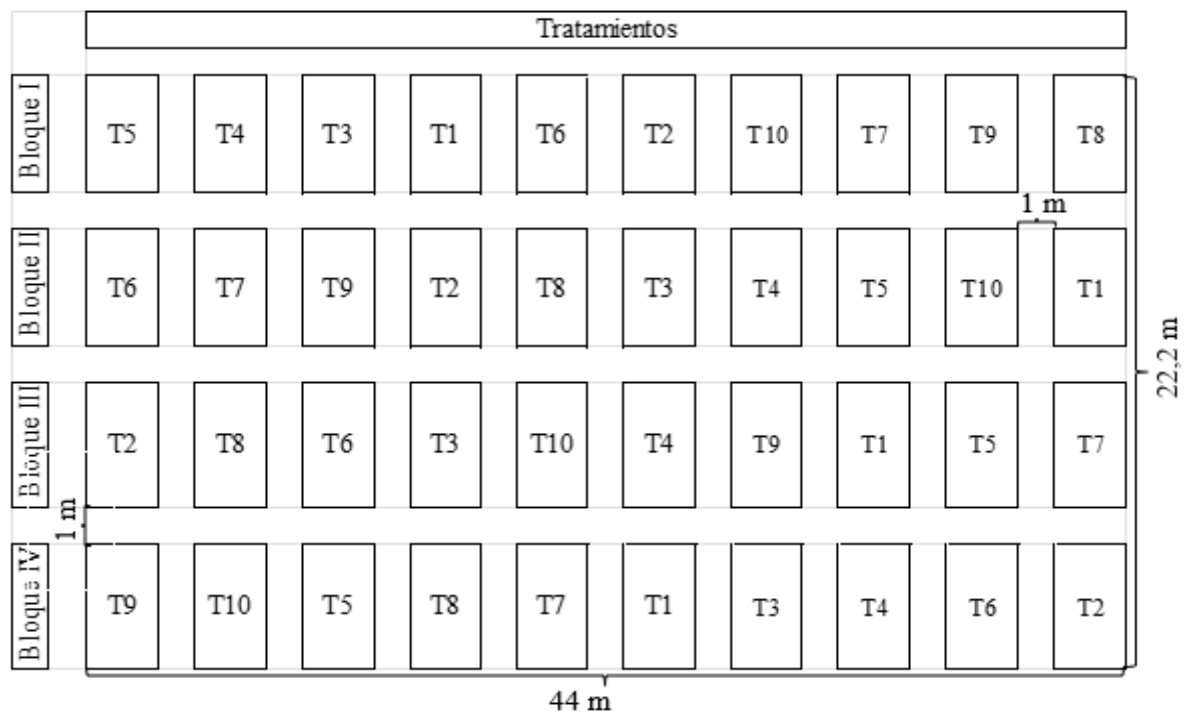


Figura 3. Esquema del área de estudio

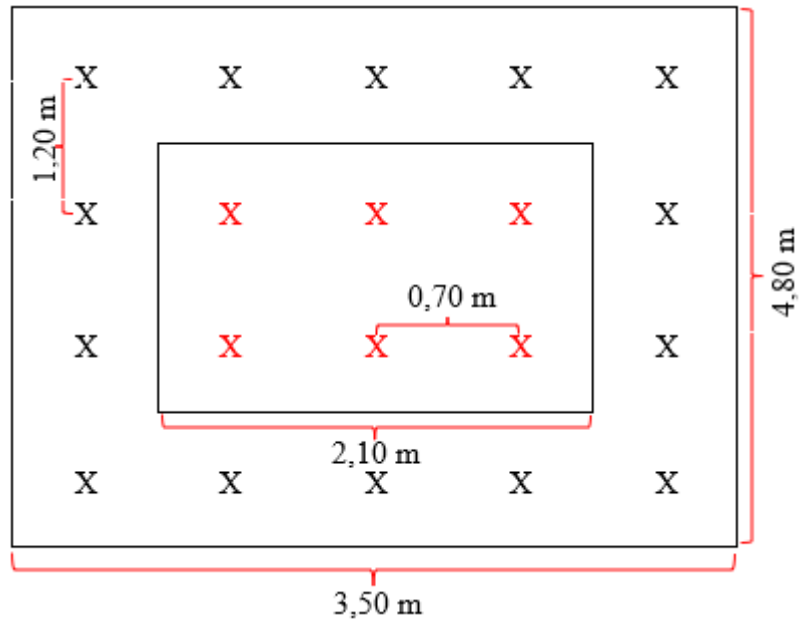


Figura 4. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T9 y T10

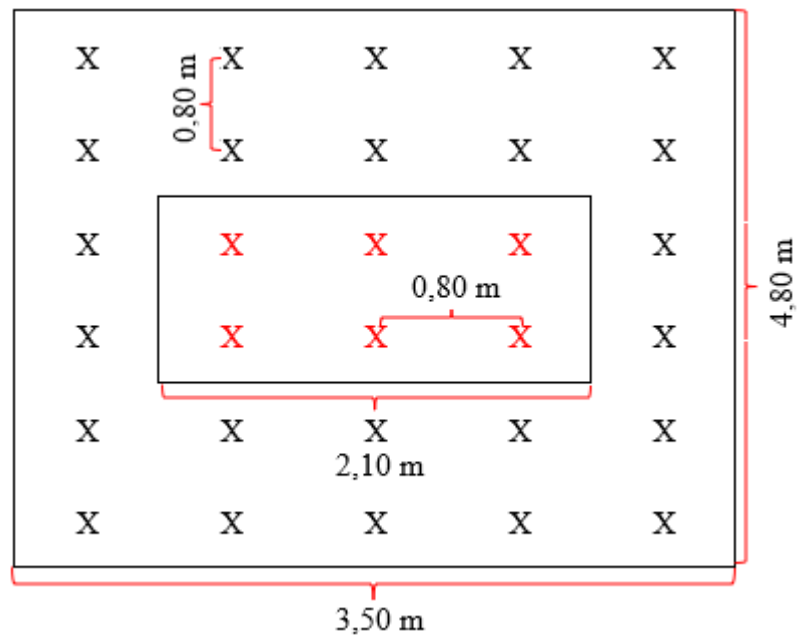


Figura 5. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T1 y T5

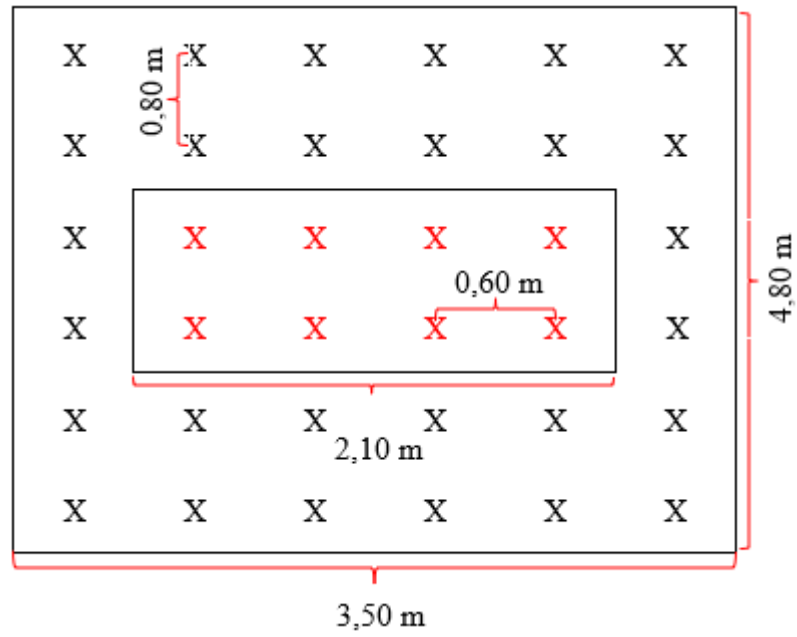


Figura 6. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T₂ y T₆

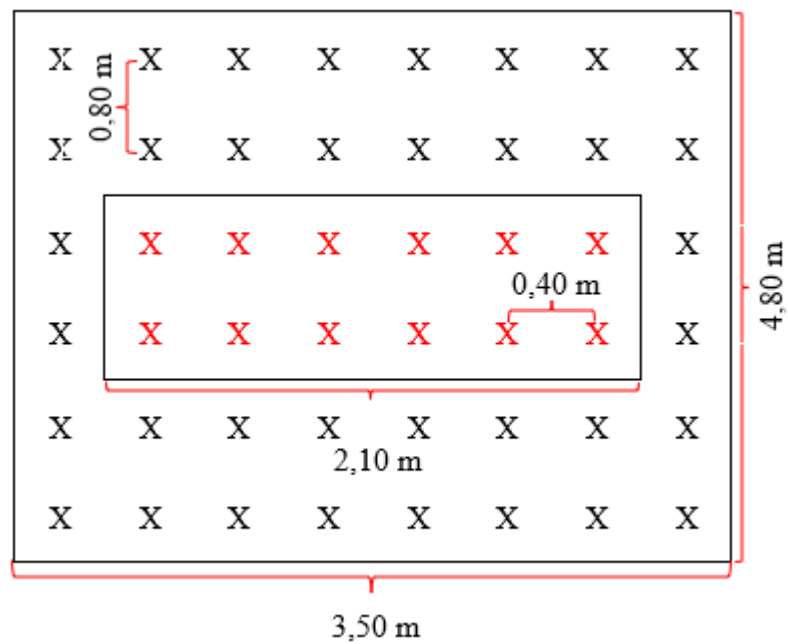


Figura 7. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T₃ y T₇

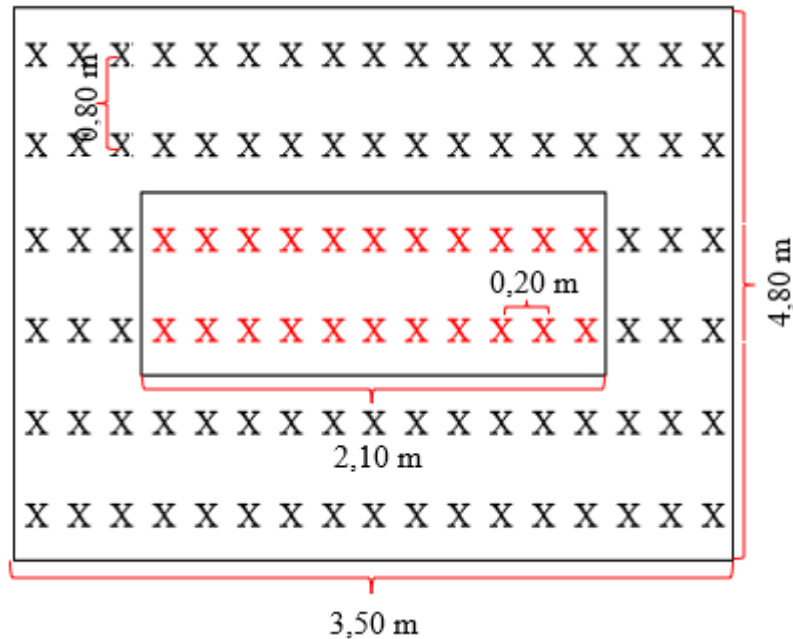


Figura 8. Representación visual de la unidad experimental para los tratamientos T₄ y T₈

3.2.2.13. Modelo experimental

Se implementó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) bifactorial, con cinco niveles de densidad de siembra (factor A) y dos variedades de ají (factor B), dando lugar a diez tratamientos, incluidos dos testigos (T₉ y T₁₀). El experimento se distribuyó en 4 repeticiones, resultando en 40 unidades experimentales de 16,8 m². Cada unidad experimental, con dimensiones de 3,5 m x 4,8 m, fue sembrada con plántulas de ají de mesa y ají limo según el tratamiento asignado.

✓ Modelo estadístico

Modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \lambda_k + \epsilon_{ijk}. \quad (3)$$

Dónde:

Y_{ijk} = Respuesta de la unidad experimental obtenida en el K-ésimo bloque correspondiente a la j-ésima densidad de siembra con la i-ésima variedad de ají

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (densidad de siembra)

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (variedad de ají)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la i-ésima densidad de siembra con la j-ésima variedad de ají.

λ_k = Efecto del k-ésimo bloque.

ϵ_{ijk} = Efecto del error aleatorio de la unidad experimental

Para:

$i = 1 \dots 5$ (4 densidades de siembra+ 1 densidad tradicional)

$j = 1 \dots 2$ variedades de ají

$k = 1, 2, 3, 4$ bloques.

✓ **Análisis de varianza (ANOVA)**

En la tabla 10, se hace referencia a las fuentes de variabilidad, para el análisis estadístico, con un nivel de significancia ($\alpha = 0,05$).

Tabla 10. Modelo del análisis de variancia (ANOVA)

Fuentes de variabilidad	Esquema	Grados de libertad
Bloques	$n - 1$	3
Tratamientos	$t - 1$	9
A (Densidad de siembra)	$a - 1$	4
B (Variedad de ají)	$b - 1$	1
A*B (Densidad * Variedad)	$(a - 1)(b - 1)$	4
Error experimental	$ab(n - 1)$	30
Total	$abn - 1$	39

C.V: (%)

La aleatorización de los tratamientos dentro de cada bloque se realizó considerando las características del terreno. El área total utilizada fue de 976,8 m², con una separación de 0,5 m entre parcelas y 1 m entre bloques. El área útil para el análisis fue de 3,36 m² por parcela. Para comparar las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5 %. Los resultados se presentaron mediante tablas.

3.2.2.14. Análisis de los resultados

Para el análisis de los datos, se emplearon modelos de regresión lineal ajustados mediante el software estadístico Minitab 17 (versión estudiantil).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Factores biométricos del crecimiento vegetativo del ají

4.1.1. Altura de planta, número de ramificaciones secundarias, índice de área foliar, contenido de clorofila y materia seca de la planta

La Tabla 11 muestra los cuadrados medios y la significancia estadística ($p \leq 0,05$) de las variables agronómicas evaluadas, permitiendo determinar el efecto de las diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento ají limo y ají de mesa. En donde el análisis estadístico nos permite identificar que la densidad de siembra tiene un impacto significativo en varios aspectos del crecimiento vegetativo del ají. En particular, observamos diferencias significativas en la altura de planta y en el número de ramificaciones secundarias, lo que sugiere que una mayor densidad puede estimular un mayor desarrollo vegetativo. Asimismo, el índice de área foliar, el contenido de clorofila y la materia seca también se vieron afectados por la densidad de siembra, lo que indica una influencia en la capacidad fotosintética y el crecimiento de la planta.

4.1.1.1. Altura de planta.

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 11) evidencian diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en la altura de planta a los 120 días ddt, al comparar las cinco densidades de siembra y dos variedades de ají evaluadas. Tanto el factor densidad como el factor variedad, así como su interacción, influyeron significativamente en esta variable. La alta homogeneidad de los datos, reflejada en un coeficiente de variación de 5,26 %, refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos. Para ensayos agrícolas los coeficientes de variación se consideran bajos cuando son inferiores a 10 %, medios de 10 a 20 %, altos cuando van de 20 a 30 % y muy altos cuando son mayores al 30 % (Gordón y Camargo, 2015).

A fin de identificar qué tratamientos difieren significativamente en cuanto a la altura de planta, se realizó una prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$). Los resultados se presentan en la Tabla 12. El análisis estadístico revela que los tratamientos T₈ y T₇ ilustra una altura de planta significativamente superior al resto. Los tratamientos T₄, T₁₀, T₉, T₃ y T₆ muestran un comportamiento homogéneo, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, T₅, T₂ y T₁ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos óptimos.

Tabla 11. Cuadrados medios y significación estadística ($\alpha \leq 0,05$) para altura de planta, número de ramificaciones secundarias, índice de área foliar, contenido de clorofila y materia seca de la planta.

Fuente de variación	G.L.	Altura de planta (cm)		Ramificaciones secundarias (n°)		Índice de área foliar (IAF)		Índice de clorofila (SPAD)		Materia seca de la planta (t/ha)	
		C.M.	P - valor	C.M.	P - valor	C.M.	P - valor	C.M.	P - valor	C.M.	P - valor
Bloques	3	128,13 ^S	0,0230	3,16 ^S	0,017	0,38 ^{NS}	0,2877	5,60 ^{NS}	0,263	0,04 ^{NS}	0,8236
Tratamientos	9	1638,3 ^{AS}	0,0001	2,49 ^S	0,033	16,19 ^{AS}	0,0001	7,26 ^{NS}	0,121	60,59 ^{AS}	0,0001
A (Densidad)	4	2157,9 ^{AS}	0,0002	4,94 ^{AS}	0,004	32,07 ^{AS}	0,0001	2,84 ^{NS}	0,608	115,33 ^{AS}	0,0001
B (Variedad)	1	4808,7 ^{AS}	0,0001	0,01 ^{NS}	0,994	11,71 ^{AS}	0,0001	40,31 ^{AS}	0,004	0,26 ^{NS}	0,1653
A*B	4	326,14 ^{AS}	0,0001	0,66 ^{NS}	0,633	1,43 ^{AS}	0,004	3,41 ^{NS}	0,522	20,93 ^{AS}	0,0001
Error experimental	30	43,76		1,02		0,30		4,15		0,13	
Total	39										
C. V. (%)		5,26		9,09		14,67		3,66		5,63	

Leyenda:

- G.L. = Grados de libertad
- C.M. = Cuadrados medios
- C.V. = Coeficiente de variación
- A.S. = Diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.
- S = Diferencias estadísticas al 5 % de probabilidad.
- NS = No hay diferencias significativas

Tabla 12. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para altura, ramificaciones secundarias, índice de clorofila y materia seca de la planta entre tratamientos.

Altura de planta (cm)			Ramas secundarias (n°)			Índice de área foliar (IAF)			Materia seca de la planta (t/ha)						
Trat.	n	Media	Agrup.	Trat.	n	Media	Agrup.	Trat.	n	Media	Agrup.	Trat.	n	Media	Agrup.
T ₈	4	145,92	a	T ₅	4	11	a	T ₈	4	7,59	a	T ₄	4	15,53	a
T ₇	4	127,24	b	T ₁	4	10	a b	T ₄	4	6,14	b	T ₈	4	10,05	b
T ₄	4	119,61	b c	T ₁₀	4	10	a b	T ₇	4	5,53	b	T ₇	4	7,58	c
T ₁₀	4	116,83	c d	T ₉	4	10	a b c	T ₃	4	3,20	c	T ₃	4	6,33	d
T ₉	4	112,25	c d	T ₆	4	10	a b c	T ₆	4	2,98	c d	T ₁₀	4	5,30	e
T ₃	4	112,01	c d	T ₇	4	10	a b c	T ₅	4	2,76	c d e	T ₅	4	4,84	e f
T ₆	4	111,98	c d	T ₂	4	10	a b c	T ₂	4	2,37	d e f	T ₆	4	4,58	f
T ₅	4	110,61	d	T ₃	4	9	b c	T ₁₀	4	2,15	e f	T ₂	4	4,05	g
T ₂	4	87,06	e	T ₄	4	9	c d	T ₉	4	2,02	e f	T ₉	4	3,04	h
T ₁	4	72,00	f	T ₈	4	9	d	T ₁	4	1,87	f	T ₁	4	2,59	h

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

Leyenda:

- T₁: 0,80 m x 0,80 m (15 625 plantas), ají de mesa
- T₂: 0,60 m x 0,80 m (20 833 pl./ha), ají de mesa
- T₃: 0,40 m x 0,80 m (31 250 pl./ha), ají de mesa
- T₄: 0,20 m x 0,80 m (62 500 pl./ha), ají de mesa
- T₅: 0,80 m x 0,80 m (15 625 pl./ha), ají limo
- T₆: 0,60 m x 0,80 m (20 833 pl./ha), ají limo
- T₇: 0,40 m x 0,80 m (31 250 pl./ha), ají limo
- T₈: 0,20 m x 0,80 m (62 500 pl./ha), ají limo
- T₉: 0,70 m x 1,20 m (11 905 pl./ha), ají de mesa
- T₁₀: 0,70 m x 1,20 m (11 905 pl./ha), ají limo

El análisis de los datos (Tabla 12) revela que el aumento de la densidad de siembra se asoció con un incremento en la altura de planta, con el tratamiento T₈ alcanzando la altura máxima (145,92 cm). Por otro lado, la variedad ají limo mostró un crecimiento superior al ají de mesa. Estos resultados son parcialmente consistentes con la literatura. Si bien Condori (2021) en su investigación, titulada “Evaluación de tres densidades de siembra del cultivo de paprika (*Capsicum annuum* L.) bajo ambiente protegido y en condiciones de abierto Mecapaca - La Paz – Bolivia” y Muñoz (2017) el cual evaluó el comportamiento agronómico de dos variedades de ají (*Capsicum annum* y *Capsicum chinense* Jacq), sometido a tres distanciamientos de siembra, en la zona de Babahoyo – Ecuador”, reportaron una relación positiva entre densidad y altura; Rangel (2016) en la investigación “Crecimiento y rendimiento de chile habanero - Orange (*Capsicum chinense* Jacq) bajo diferente espaciamento entre hileras en la Comarca Lagunera - México 2015”, no encontró este efecto. La discrepancia con los resultados de Rangel podría explicarse por diferencias en las condiciones ambientales y genéticas de las plantas evaluadas. Aguilar (2016) sugiere que la menor competencia por luz en densidades bajas podría favorecer un mayor crecimiento en altura, lo cual podría explicar en parte los resultados obtenidos en este estudio. Es importante destacar que la Amazonía, con sus condiciones favorables, permite un desarrollo continuo del cultivo de ají a lo largo del año (Castellanos et al., 2009, Kumar et al., 2022).

A fin de identificar qué densidad de siembra favorece un mayor crecimiento en altura, se aplicó la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) a los datos obtenidos. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

Los datos presentados en la Tabla 13 y Tabla 15, revelan que la densidad de siembra de 0,20 x 0,80 m (62 500 pl./ha) promovió el mayor crecimiento en altura de planta (132,77 cm), mientras que la densidad de 0,80 x 0,80 m (15 625 pl./ha) resultó en la menor altura (91,31 cm). Estos hallazgos sugieren una relación directa entre la densidad de siembra y la altura de planta, es decir, a mayor densidad, mayor altura. Estos resultados son parcialmente consistentes con los obtenidos por Muñoz (2017) quien observó una disminución en la altura de planta al aumentar el distanciamiento entre plantas al evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de ají, *Capsicum annuum* (ají jalapeño) y *Capsicum chinense* Jacq (habanero rojo), con distancia de 0,50 m entre plantas x 0,80 entre hileras (61,4 cm) y con distancia de 0,60 m entre plantas x 0,80 entre hileras (56,1 cm). Sin embargo, contrastan con los hallazgos de Trujillo (2021) en su estudio titulado “Efecto de cinco densidades de siembra en el cultivo de ají escabeche (*Capsicum baccatum* L var. *pendulum*) en el rendimiento y calidad de fruto en

Cañete”. Ramos (2021) en su estudio “Densidad de siembra, producción y calidad de semillas de *Capsicum annuum* (ají paprika) en La Molina” atribuye el mayor crecimiento en altura a bajas densidades a una menor competencia por recursos, lo cual podría explicar, en parte, las discrepancias encontradas en los diferentes estudios.

Tabla 13. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la altura de planta, ramas secundarias, índice de área foliar y materia seca de la planta, según la densidad de siembra

Altura de planta (cm)					Ramificaciones secundarias (n°)				
Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.	Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.
a5	62 500	8	132,77	a	a2	15 625	8	11	a
a4	31 250	8	119,63	b	a1	11 905	8	10	a b
a1	11 905	8	114,54	b	a3	20 833	8	10	a b
a3	20 833	8	99,52	c	a4	31 250	8	10	b
a2	15 625	8	91,31	d	a5	62 500	8	9	c

IAF					Materia seca de la planta (t/ha)				
Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.	Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.
a5	62 500	8	6,87	a	a5	62 500	8	12,79	a
a4	31 250	8	4,36	b	a4	31 250	8	6,96	b
a3	20 833	8	2,68	c	a3	20 833	8	4,31	c
a2	15 625	8	2,31	c d	a1	11 905	8	4,17	c
a1	11 905	8	2,09	d	a2	15 625	8	3,71	c

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

López (2017), en su estudio titulado “efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento y calidad de frutos de dos variedades de chile ancho (*Capsicum annuum*), bajo las condiciones del sector Cascajal – Santa – Ancash” al evaluar cuatro densidades de siembra (30 299, 33 330, 37 033 y 41 662 plantas/ha) en dos variedades de *Capsicum annuum* (pimiento: supremo y secuoya), no encontró diferencias significativas en la altura de planta. De manera similar, Paredes (2017), en su estudio “Evaluación de cuatro densidades de siembra en el rendimiento del cultivo *Capsicum chinense* Jacq (ají charapita), en el sector Almendras, provincia de Tocache”, reportó alturas de planta similares para diferentes distancias de siembra (0,60 x 1 m un valor de 70,03 cm y para la distancia de 0,8 x 0,9 m la menor altura de planta con 69,05 cm). Estos resultados sugieren que, en algunos casos, la densidad de siembra puede no tener un efecto significativo sobre la altura de planta en cultivos de ají. A fin de identificar qué variedad de ají presenta mayor crecimiento en altura, se aplicó la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) a los datos obtenidos (Tabla 14).

Tabla 14. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la altura de planta, IAF y contenido de clorofila en función de la variedad de ají.

Altura de planta (cm)			IAF			Clorofila (SPAD)				
Niv.	Variedad	n	Media	Agr.	Variedad	Media	Agr.	Variedad	Media	Agr.
b ₂	Ají limo	20	122,52	a	Ají limo	4,20	a	Ají limo	55,58	a
b ₁	Ají de mesa	20	100,59	b	Ají de mesa	3,12	b	Ají de mesa	53,58	b

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

Los datos de la Tabla 14 y Tabla 16, muestran que la variedad ají limo presentó una altura de planta significativamente mayor (122,52 cm) en comparación con el ají de mesa (100,59 cm). Estos resultados son parcialmente consistentes con los hallazgos de Salazar-Ayora (1993) el cual en su tesis bajo el título: “Estudio comparativo de seis tipos de ají (*Capsicum sp.*), bajo condiciones de verano en Tingo María”, también reportó una mayor altura en el ají limo (92,54 cm) en comparación con el ají de mesa (63,75 cm). Sin embargo, contrastan con los resultados de Córdova-Ramírez (1988) en su investigación bajo el título, “Estudio comparativo de seis cultivares de ají (*Capsicum sp.*), bajo condiciones de invierno en Tingo María”, no encontró diferencias significativas en la altura de estas dos variedades (ají de mesa 22,48 cm y con el ají Tingo María (ají limo) 22,30 cm). Las discrepancias entre estos estudios podrían atribuirse a factores como las condiciones ambientales, el manejo agronómico y las variedades específicas evaluadas.

4.1.1.2. Número de ramificaciones secundarias

El análisis de varianza (Tabla 11) revela que la densidad de siembra tuvo un efecto significativo ($p \leq 0,05$) en el número de ramificaciones secundarias del ají. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las variedades ni en la interacción entre variedad y densidad. El bajo coeficiente de variación (9,09 %) indica una alta precisión experimental. La prueba de Duncan (Tabla 12) permite identificar qué tratamientos específicos indujeron un mayor desarrollo de ramificaciones.

El análisis estadístico revela que el tratamiento T₅ muestra un número de ramificaciones secundarias significativamente superior al resto. Los tratamientos T₁, T₁₀, T₉, T₆, T₇, T₂ y T₃ muestran un comportamiento homogéneo, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, T₄ y T₈ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos óptimos.

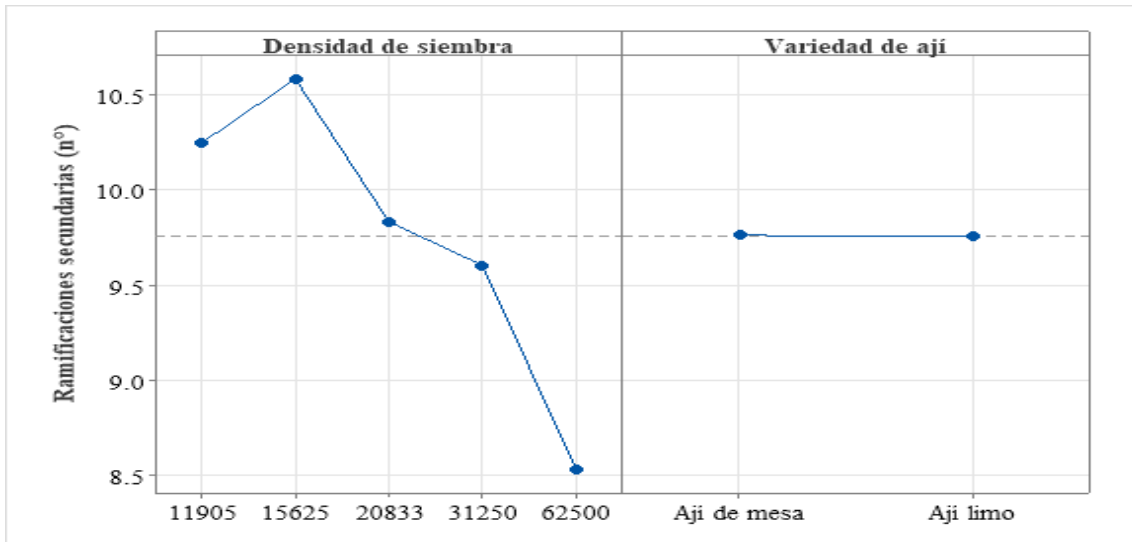


Figura 9. Efectos principales para número de ramificaciones secundarias.

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas en el número de ramificaciones secundarias entre las variedades de aji (Tabla 12). Sin embargo, se observó un efecto claro de la densidad de siembra, con un mayor número de ramificaciones en los tratamientos de menor densidad. Los resultados de la prueba de Duncan (Tabla 13) confirman esta tendencia. Estos hallazgos sugieren que la densidad de siembra es un factor determinante en el desarrollo vegetativo del aji, contrariamente a lo reportado por Rangel (2016) pues en su estudio no encontró diferencias estadísticas respecto a esta característica.

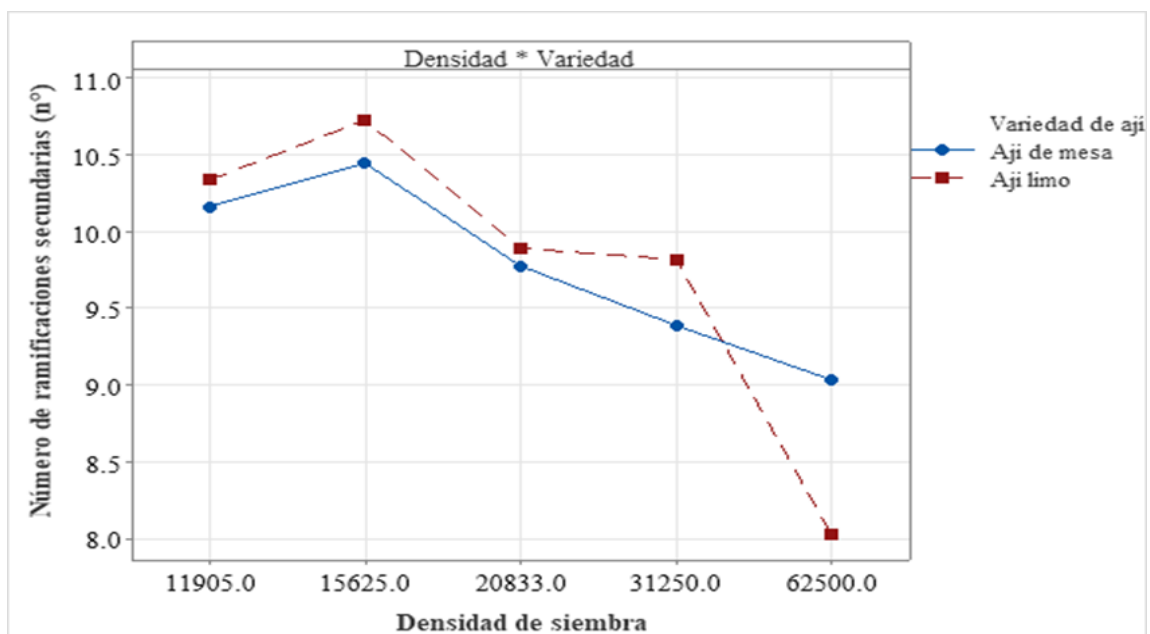


Figura 10. Interacción de la densidad de siembra y las variedades de aji en el número de ramificaciones secundarias.

La densidad de siembra de 15 625 plantas/ha favoreció el desarrollo de un mayor número de ramificaciones secundarias en ambas variedades de ají (Figura 9). A medida que aumentó la densidad, se observó una disminución en el número de ramificaciones. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las variedades de ají limo y ají de mesa (Figura 10). De similar forma Salazar-Ayora en 1993 respecto a esta característica en condiciones de verano en Tingo María, con el ají de mesa obtuvo 2,55 y con el ají Tingo María (ají limo) en promedio 2,55 ramas principales por planta. Estos resultados difieren con los reportados por Córdova-Ramírez (1988), quien observó una mayor tendencia a la ramificación en el ají de mesa en condiciones de invierno, e indican que la densidad de siembra es un factor determinante en el desarrollo de las ramificaciones secundarias del ají, con una respuesta óptima a densidades moderadas.

4.1.1.3. Índice de área foliar.

El análisis de varianza (Tabla 11) revela efectos significativos ($p \leq 0,05$) de la densidad de siembra, la variedad y la interacción entre ambos factores sobre el índice de área foliar (IAF). El coeficiente de variación medio (14,67 %) indica una mediana precisión experimental. La prueba de Duncan (Tabla 12) permite identificar que el tratamiento T₈ presentó el mayor IAF (7,59), mientras que el tratamiento T₁ mostró el valor más bajo (1,87). A fin de determinar qué tratamientos indujeron diferencias significativas en el índice de área foliar, se aplicó la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$). Los resultados de esta prueba se presentan en la Tabla 12.

El análisis estadístico revela que los tratamientos T₈, T₄ y T₇ exhibe un índice de área foliar significativamente superior al resto. Los tratamientos T₃, T₆, T₅ y T₂ muestran un comportamiento similar, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, T₁₀, T₉ y T₁ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos óptimos.

Los resultados obtenidos sugieren que tanto la densidad de siembra como la variedad, así como su interacción, influyen significativamente en el desarrollo foliar del ají. La alta variabilidad en el IAF entre los diferentes tratamientos indica la importancia de optimizar estas variables para maximizar la eficiencia fotosintética.

A fin de identificar qué densidad de siembra induce un mayor desarrollo foliar, se aplicó la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) a los datos obtenidos (Tabla 13).

Tabla 15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para la interacción de la densidad de siembra y la variedad de ají, en la altura de planta, IAF y materia seca de la planta.

Altura de planta (cm)				IAF				Materia seca de la planta (t/ha)			
Densidad	Variedad	Promedio	Sig.	Densidad	Variedad	Promedio	Sig.	Densidad	Variedad	Promedio	Sig.
11 905	Ají limo	116,83	a	11 905	Ají limo	2,15	a	11 905	Ají limo	5,3	a
	Ají de mesa	112,25	a		Ají de mesa	2,02	a		Ají de mesa	3,04	b
15 625	Ají limo	110,61	a	15 625	Ají limo	2,76	a	15 625	Ají limo	4,84	a
	Ají de mesa	72	b		Ají de mesa	1,87	b		Ají de mesa	2,59	b
20 833	Ají limo	111,98	a	20 833	Ají limo	2,99	a	20 833	Ají limo	4,58	a
	Ají de mesa	87,06	b		Ají de mesa	2,37	a		Ají de mesa	4,05	b
31 250	Ají limo	127,24	a	31 250	Ají limo	5,53	a	31 250	Ají limo	7,58	a
	Ají de mesa	112,01	b		Ají de mesa	3,2	b		Ají de mesa	6,33	b
62 500	Ají limo	145,92	a	62 500	Ají limo	7,59	a	62500	Ají de mesa	15,53	a
	Ají de mesa	119,61	b		Ají de mesa	6,14	a		Ají limo	10,05	b

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

La prueba de Duncan a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para variedad en el índice de área foliar de la planta de ají, es presentada en la siguiente Tabla 14. La densidad de siembra de 62 500 plantas/ha (0,20 x 0,80 m) favoreció el desarrollo de un mayor índice de área foliar (IAF), alcanzando un valor de 6,87 (Tabla 19). Por el contrario, la densidad más baja (11 905 plantas/ha) resultó en el menor IAF (2,09). Al comparar nuestros resultados con los de Paredes (2017), observamos una coincidencia general en cuanto al efecto positivo del distanciamiento óptimo sobre el área foliar. Sin embargo, el estudio de Paredes en *Capsicum frutescens* y nuestro estudio en *Capsicum chinense* revelan diferencias significativas en el distanciamiento óptimo y el área foliar máxima alcanzada. Estos hallazgos subrayan la importancia de la especie y las condiciones ambientales en la determinación de la respuesta de las plantas al distanciamiento. La mayor área foliar individual obtenida en nuestro estudio (18 048 cm² vs. 5 740,90 cm²) sugiere que *C. chinense* podría ser más sensible a las condiciones de cultivo y presentar un mayor potencial de crecimiento foliar bajo ciertas condiciones. La prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la variable variedad se presenta en la Tabla 14.

Los resultados de la Tabla 14 muestran que el ají limo presentó un mayor índice de área foliar (4,20) en comparación con el ají de mesa (3,12). Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Córdova-Ramírez (1988) en condiciones de invierno, donde el ají limo también mostró una mayor cobertura de planta lo cual sugiere una mayor capacidad fotosintética y, potencialmente, un mayor rendimiento. Sin embargo, Salazar-Ayora (1993) encontró un patrón opuesto en condiciones de verano, estos resultados indican que las condiciones ambientales pueden influir en la expresión de este carácter.

4.1.1.4. Contenido de clorofila

El análisis de varianza (Tabla 11) demuestra que únicamente la variedad del ají influyó significativamente ($p \leq 0,05$) en el contenido de clorofila. Ni la densidad de siembra ni la interacción entre ambos factores mostraron diferencias estadísticas. El bajo coeficiente de variación (3,66 %) indica una alta precisión en los datos. Es importante destacar que la clorofila es esencial para la fotosíntesis y su disminución puede comprometer el rendimiento del cultivo, especialmente en condiciones de estrés hídrico (Yuniati et al., 2023). La prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la variable variedad se presenta en la Tabla 14.

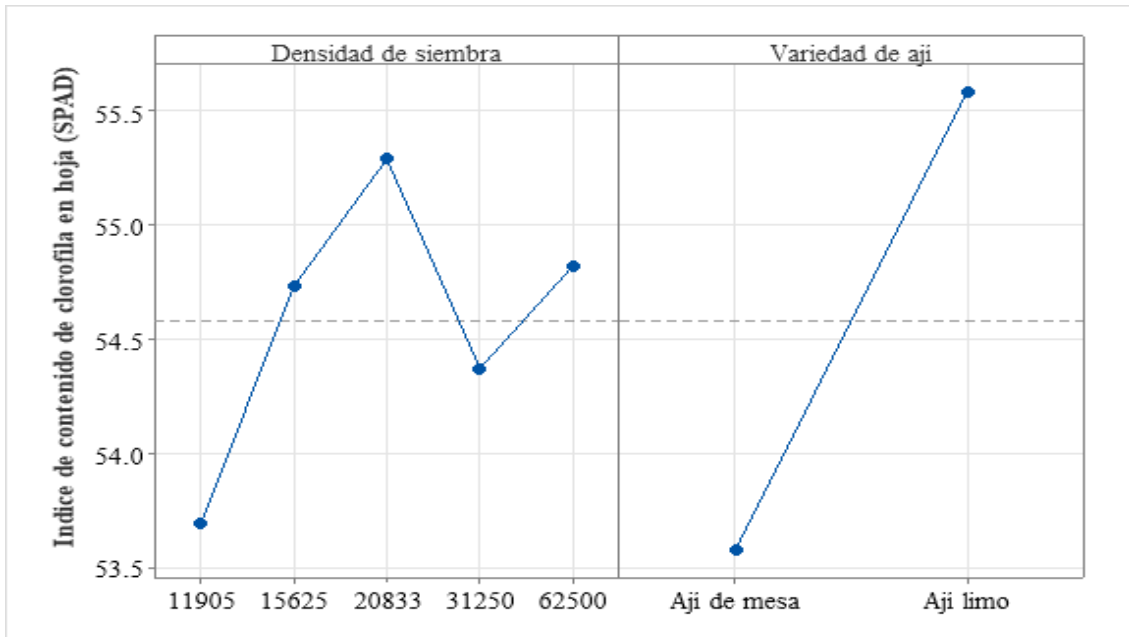


Figura 11. Efectos principales para contenido de clorofila.

Los resultados mostrados en la Tabla 14 en donde el ají limo (55,58) destaca sobre el ají de mesa (53,58) en lo referido a contenido de clorofila, sugieren que la variabilidad genética es el principal factor que explica las diferencias en el contenido de clorofila entre los diferentes tratamientos (Figura 11). La ausencia de efectos significativos de la densidad de siembra y su interacción con la variedad indica que, en las condiciones evaluadas, la genética del cultivo tiene un mayor impacto en este parámetro fisiológico (Figura 12).

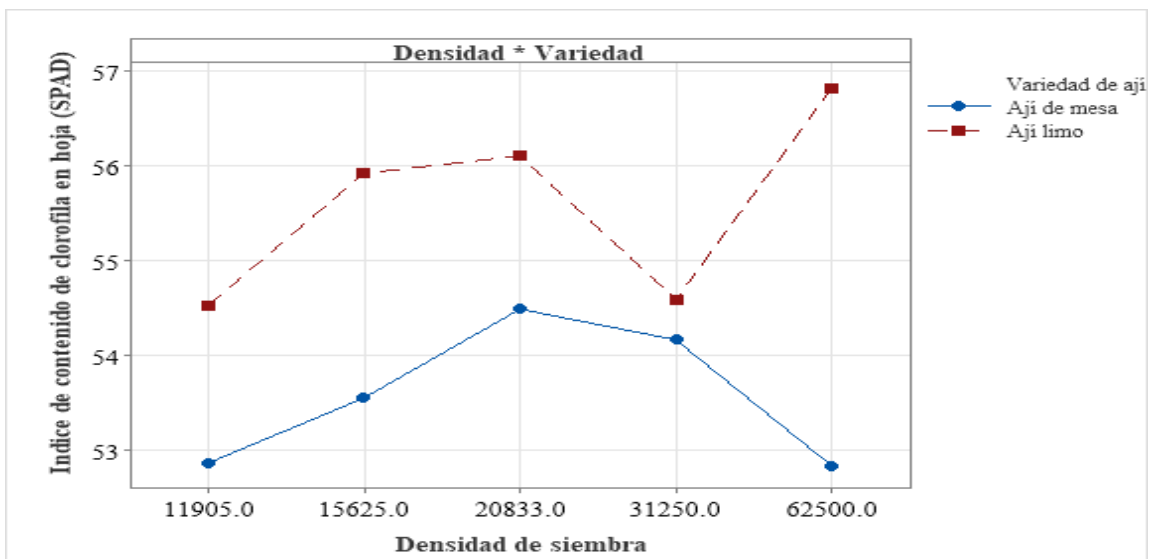


Figura 12. Interacción de la densidad de siembra y las variedades de ají en el contenido de clorofila.

Zakaria et al. (2020) al haber estudiado cómo cambia la cantidad de clorofila en las plantas de ají a medida que envejecen, desde los 14 días hasta los 56 días después de haberlas trasplantado, sugiere que la densidad de siembra, al influir en el tamaño y la forma de las hojas, puede afectar el contenido de sacarosa en el tallo y, a su vez, estimular la producción de clorofila en el ají, pues en su estudio encontró que el área foliar más pequeña y gruesa de *Capsicum annuum L.*, aumenta el contenido relativo de clorofila a los 14, 28,42 y 56 ddt con valores de 58,38; 59,65; 60,30 y 60,93 unidades SPAD respectivamente.

Ahmad et al. (2024) llevaron a cabo un estudio en Indonesia, evaluando la capacidad de adaptación climática de distintos cultivares de chile, incluyendo variedades locales e importadas. El análisis se centró en la germinación y otros parámetros fisiológicos, destacando las significativas diferencias en el contenido de clorofila. El cultivar Osaka presentó el mayor contenido de clorofila foliar, con un valor de 77,1 unidades, superando en un 122 % al cultivar Unpad (34,8 unidades). Por su parte, el cultivar Tanjung mostró un contenido de clorofila de 35,2 unidades. Estos resultados sugieren que el cultivar Osaka posee una mayor eficiencia fotosintética, lo que podría conferirle una ventaja competitiva en condiciones ambientales adversas. Su capacidad para captar y utilizar de manera más eficaz la energía lumínica le permitiría crecer y desarrollarse de forma más eficiente.

Las diferencias observadas podrían explicarse por factores genéticos que influyen en la biosíntesis de este pigmento, o por condiciones ambientales específicas que afectan de manera diferencial a cada variedad. Resaltando la diversidad genética y la flexibilidad de los cultivares de ají.

4.1.1.5. Materia seca de la planta

El análisis de varianza (Tabla 11) indica que el porcentaje de materia seca en la planta se vio afectado significativamente ($p \leq 0,05$) por los tratamientos, la densidad de siembra, la variedad y la interacción entre ambos factores. El bajo coeficiente de variación (5,63 %) sugiere una alta precisión en los datos. Estos resultados evidencian la complejidad de los factores que influyen en el contenido de materia seca y la necesidad de estudios más detallados para comprender estas interacciones.

A fin de determinar qué tratamientos indujeron diferencias significativas en el contenido de materia seca, se aplicó la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$). Los resultados de esta prueba se presentan en la Tabla 12.

Tabla 16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para la interacción de la variedad de ají y la densidad de siembra en la altura de planta, IAF y materia seca de la planta.

Altura de planta (cm)				IAF				Materia seca de la planta (t/ha)			
Variedad	Densidad	Prom.	Sig.	Variedad	Densidad	Prom.	Sig.	Variedad	Densidad	Prom.	Sig.
Ají de mesa	62500	119,61	a	Ají de mesa	62500	6,14	a	Ají de mesa	62500	15,53	a
	11905	112,25	b		31250	3,2	b		31250	6,33	b
	31250	112,01	b		20833	2,37	b c		20833	4,05	b c
	20833	87,06	c		11905	2,02	c		11905	3,04	c
	15625	72,00	d		15625	1,87	c		15625	2,59	c
Ají limo	62500	145,92	a	Ají limo	62500	7,59	a	Ají limo	62500	10,05	a
	31250	127,24	b		31250	5,53	b		31250	7,58	b
	11905	116,83	b c		20833	2,99	c		11905	5,3	c
	20833	111,98	c		15625	2,76	c d		15625	4,84	c d
	15625	110,61	c		11905	2,15	d		20833	4,58	d

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

El análisis estadístico revela que los tratamientos T₄, T₈, T₇ y T₃ presentan un contenido de materia seca significativamente superior al resto. Los tratamientos T₁₀, T₅ y T₆ muestran un comportamiento similar, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, T₂, T₉ y T₁ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos óptimos.

Los resultados obtenidos muestran que tanto los factores genéticos (variedad) como los factores agronómicos (densidad de siembra) influyen de manera significativa en el porcentaje de materia seca de la planta. La interacción entre ambos factores sugiere que la respuesta de las diferentes variedades a las distintas densidades de siembra puede no ser uniforme.

La densidad de siembra es un factor clave que determina la fisiología de las plantas, al modificar la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes. El aumento de la densidad de población suele ir acompañado de una disminución en el área foliar por planta y en el peso seco específico de la hoja, como consecuencia de la limitación de recursos. Esta relación entre densidad y biomasa se ajusta comúnmente a un modelo asintótico, donde la producción de materia seca se estabiliza a altas densidades (Quintero y Barraza (citado en Rodríguez, 2000)).

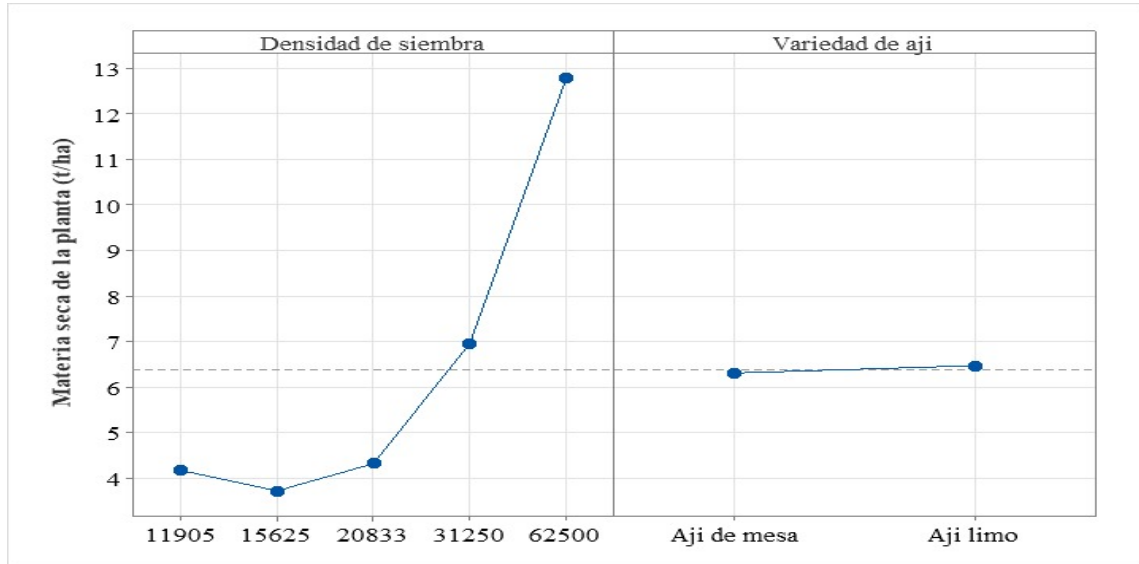


Figura 13. Efectos principales para materia seca de la planta (t/ha).

El análisis de Duncan ($\alpha = 0,05$) indica que la densidad de siembra de 0,20 x 0,80 m resultó en la mayor acumulación de biomasa (12,79 t/ha). Por el contrario, la densidad de 0,80 x 0,80 m mostró los valores más bajos (3,71 t/ha). Estos hallazgos sugieren que una densidad de siembra adecuada puede optimizar la utilización de los recursos y mejorar

el rendimiento del cultivo. Los resultados obtenidos en este estudio difieren de los reportados por Rosado (2021) en su estudio “Evaluación de cinco densidades de siembra en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) bajo manejo orgánico en La Molina – Lima” y Trujillo (2021), quienes no encontraron diferencias significativas en el contenido de materia seca entre las densidades evaluadas en sus respectivos estudios, lo que resalta la importancia de evaluar el efecto de la densidad de siembra en diferentes condiciones agronómicas y genéticas.

4.2. Factores biométricos del rendimiento del ají

4.2.1. Peso del fruto, número de frutos por planta y rendimiento de fruto fresco.

La Tabla 17 muestra los cuadrados medios y la significancia estadística ($p \leq 0,05$) de las variables agronómicas evaluadas, permitiendo determinar el efecto de las diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento del ají limo y ají de mesa. En donde el análisis estadístico permite identificar que la densidad de siembra tiene un impacto significativo en varios aspectos del rendimiento del ají. En particular, observamos diferencias significativas en el peso del fruto, en el número de frutos por planta y en el rendimiento, lo que sugiere que la densidad de siembra puede influir directamente en la producción.

4.2.1.1. Peso del fruto (g)

El peso del fruto se vio afectado por la densidad de siembra y la variedad, según los resultados del análisis de varianza (Tabla 17). La interacción entre ambos factores no fue significativa. El coeficiente de variabilidad bajo (1,97 %) indica una alta precisión en los datos. La prueba de Duncan (Tabla 18) muestra que el tratamiento T₅ presentó el mayor peso promedio por fruto (17,90 g), significativamente superior al tratamiento T₄ (7,22 g), lo que sugiere que la combinación de densidad y variedad puede influir en el tamaño del fruto.

Los resultados del análisis de varianza indican que tanto la densidad de siembra como la variedad ejercen un efecto significativo sobre el peso del fruto. El tratamiento T₅, que combina una densidad de siembra de 15 625 plantas/ha y una variedad específica (ají limo), resultó en el mayor peso promedio por fruto. Estos hallazgos sugieren que la optimización de la densidad de siembra y la selección de la variedad adecuada pueden ser estrategias efectivas para mejorar la calidad del producto final.

El análisis estadístico revela que los tratamientos T₅ y T₆ exhiben un peso promedio del fruto significativamente superior al resto. Los tratamientos T₇, T₁₀ y T₈ muestran un comportamiento heterogéneo, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, los tratamientos T₉, T₁, T₃, T₂ y T₄ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos superiores.

Tabla 17. Cuadrados medios y significación estadística ($\alpha \leq 0,05$) para peso del fruto, frutos por planta y rendimiento del fruto fresco.

Fuente de variación	G.L.	Peso del fruto (g)		Frutos/planta (n°)		Rendimiento (t/ha)	
		C.M.	P - valor	C.M.	P - valor	C.M.	P - valor
Bloques	3	0,07 ^{NS}	0,2700	48 ^{NS}	0,0623	18,89 ^{NS}	0,4070
Tratamientos	9	77,61 ^{AS}	0,0001	50 532 ^{AS}	0,0001	174,68 ^{AS}	0,0001
A (Densidad)	4	5,08 ^{AS}	0,0001	68 477 ^{AS}	0,0001	139,68 ^{AS}	0,0001
B (Variedad)	1	665,3 ^{AS}	0,0001	141 491 ^{AS}	0,0001	393,33 ^{AS}	0,0001
A*B	4	3,23 ^{AS}	0,0001	9 848 ^{AS}	0,0001	155,06 ^{AS}	0,0001
Error experimental	30	0,05		20		18,87	
Total	39						
C. V. (%)		1,97		2,11		10,76	

Leyenda:

G.L. = Grados de libertad

C.M. = Cuadrados medios

C.V. = Coeficiente de variación

A.S. = Diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

S = Diferencias estadísticas al 5 % de probabilidad.

NS = No hay diferencias significativa

Tabla 18. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para el peso, número de frutos por planta y el rendimiento de frutos frescos de ají, según los tratamientos.

Peso del fruto (g)				Frutos por planta (n°)				Rendimiento (t/ha)			
Trat.	n	Media	Agrup.	Trat.	n	Media	Agrupamiento	Trat.	n	Media	Agrup.
T ₅	4	17,90	a	T ₉	4	412,75	a	T ₈	4	52,730	a
T ₆	4	15,71	b	T ₁	4	315,75	b	T ₇	4	46,600	a b
T ₇	4	15,40	b c	T ₂	4	276,75	c	T ₃	4	46,130	b c
T ₁₀	4	15,36	c	T ₁₀	4	213,75	d	T ₅	4	42,510	b c d
T ₈	4	13,98	d	T ₃	4	207,25	e	T ₆	4	40,000	c d e
T ₉	4	7,76	e	T ₅	4	176,25	f	T ₂	4	38,700	d e
T ₁	4	7,75	e	T ₆	4	132,25	g	T ₁₀	4	35,590	e f
T ₃	4	7,59	e	T ₇	4	105,25	h	T ₉	4	34,880	e f
T ₂	4	7,24	f	T ₄	4	73,00	i	T ₁	4	34,690	e f
T ₄	4	7,22	f	T ₈	4	63,25	j	T ₄	4	31,680	f

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

Leyenda:

T₁: 0,80 m x 0,80 m (15 625 plantas), ají de mesa

T₂: 0,60 m x 0,80 m (20 833 pl./ha), ají de mesa

T₃: 0,40 m x 0,80 m (31 250 pl./ha), ají de mesa

T₄: 0,20 m x 0,80 m (62 500 pl./ha), ají de mesa

T₅: 0,80 m x 0,80 m (15 625 pl./ha), ají limo

T₆: 0,60 m x 0,80 m (20 833 pl./ha), ají limo

T₇: 0,40 m x 0,80 m (31 250 pl./ha), ají limo

T₈: 0,20 m x 0,80 m (62 500 pl./ha), ají limo

T₉: 0,70 m x 1,20 m (11 905 pl./ha), ají de mesa

T₁₀: 0,70 m x 1,20 m (11 905 pl./ha), ají limo

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la producción comercial de ají, ya que indican que la selección de variedades con características genéticas deseables, especialmente variedades como el ají limo con potencial genético para producir frutos más grandes, y la implementación de prácticas de cultivo adecuadas, como la optimización de la densidad de siembra, pueden contribuir a mejorar la calidad y el rendimiento del cultivo, satisfaciendo así las demandas del mercado de productos hortofrutícolas de alta calidad. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para evaluar el efecto de la interacción entre densidad y variedad en otras características de calidad del fruto, como el contenido de sólidos solubles y la vida postcosecha.

La Tabla 19 muestra las comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para determinar las diferencias significativas en el peso del fruto, frutos por planta y rendimiento entre los diferentes niveles de densidad de siembra.

En la Tabla 19 se percibe que las distancias de 0,80 x 0,80 m (15 625 pl./ha), generaron un mejor efecto en el peso del fruto con 12,38 g. Por otro lado, las distancias de 0,20 x 0,80 m (62 500 pl./ha) causó el efecto más bajo para el peso del fruto con 10,60 g. resultados similares fueron reportados por: Ramos (2021) con distanciamientos de 0,50 x 1 m obtuvo en promedio el mayor peso con 28,51 g y con distancias de 0,20 x 1 m obtuvo el menor peso en frutos de paprika 23,64 g. Rosado (2021) el cual obtuvo menor peso del fruto de ají escabeche (63,17 g) a distancia de 0,40 x 1,40 m (17 750 pl./ha) y en la distancia de 0,60 x 1,40 m (11 833 pl./ha) un peso superior de 74,26 g.

Lo cual difiere de lo reportado por Condori (2021); Trujillo (2021), los cuales no obtuvieron diferencias estadísticas respecto a esta característica y coinciden con lo reportado por Aguilar (2016). Estos resultados tampoco coinciden con los datos obtenidos por Muñoz (2017) el cual con distancia de 0,60 m entre plantas x 0,80 entre hileras obtuvo frutos de 17,5 g y con distancia de 0,70 m entre plantas x 0,80 entre hileras obtuvo frutos de 16,4 g. Paredes (2017) en su estudio en *Capsicum chinense* reportó para el peso de 100 frutos maduros, bajo distancia de 0,80 x 0,90 m, un valor de 71,13 g y para la distancia de 0,8 x 0,8 m el menor peso promedio de 100 frutos de ají charapita con 69,01 g, valores con significancia estadística.

La Tabla 20 muestra las comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para determinar las diferencias significativas en el peso del fruto, frutos por planta y rendimiento entre las dos variedades.

Tabla 19. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para el peso del fruto, numero de frutos por planta y rendimiento del fruto fresco, según la densidad de siembra

Peso del fruto (g)					Frutos por planta (n°)					Rendimiento (t/ha)				
Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.	Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.	Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.
a ₂	15 625	8	12,83	a	a ₁	11 905	8	313,25	a	a ₄	31 250	8	46,370	a
a ₁	11 905	8	11,56	b	a ₂	15 625	8	246,00	b	a ₅	62 500	8	42,200	a b
a ₄	31 250	8	11,49	b	a ₃	20 833	8	204,50	c	a ₃	20 833	8	39,350	b c
a ₃	20 833	8	11,47	b	a ₄	31 250	8	156,75	d	a ₂	15 625	8	38,600	b c
a ₅	62 500	8	10,60	c	a ₅	62 500	8	68,13	e	a ₁	11 905	8	35,240	c

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

Tabla 20. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para el peso del fruto, numero de frutos por planta y rendimiento del fruto fresco, según la variedad de ají.

Peso del fruto (g)					Frutos por planta (n°)					Rendimiento (t/ha)				
Niveles	Variedad	n	Media	Agrup.	Niveles	Variedad	n	Media	Agrup.	Niveles	Variedad	n	Media	Agrup.
b ₂	Ají limo	20	15,67	a	b ₁	Ají de mesa	20	257,10	a	b ₂	Ají limo	20	43,490	a
b ₁	Ají de mesa	20	7,51	b	b ₂	Ají limo	20	138,15	b	b ₁	Ají de mesa	20	37,210	b

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

López (2017), encontró diferencias estadísticas significativas para esta característica en dos variedades de *Capsicum annuum* (pimiento: supremo y sequoya), cultivadas bajo cuatro densidades de siembra (30 299, 33 330, 37 033 y 41 662 plantas/ha), el mayor valor en la variedad supremo fue de 150 g, con la distancia de 0,22 m (30 299 plantas/ha) y el menor peso fue de 130 g con la mayor densidad de 0,20 m (33 330 plantas/ha); en la variedad sequoya el valor más alto fue de 149,2 g, con la distancia de 0,16 m (41 662 plantas/ha) y el menor peso fue de 145 g con la menor densidad de 0,22 m (30 299 plantas/ha).

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la densidad de siembra puede influir en el peso del fruto, aunque la dirección de esta relación no siempre es consistente con estudios previos. Mientras que Ramos (2021) y Rosado (2021) encontraron resultados similares a los nuestros, otros autores como Condori (2021), Trujillo (2021), Aguilar (2016), Muñoz (2017) y Paredes (2017) no observaron diferencias significativas o reportaron resultados contradictorios. López (2017), por su parte, encontró diferencias significativas en el peso del fruto para diferentes densidades de siembra en dos variedades de pimiento. Estos resultados resaltan la complejidad de la relación entre densidad de siembra y peso del fruto, y sugieren la necesidad de realizar más investigaciones para comprender mejor este fenómeno.

Los resultados obtenidos en este estudio (Tabla 20) confirman que existen diferencias significativas en el peso promedio del fruto entre el ají limo y el ají de mesa, siendo el primero el que presenta un mayor peso. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos realizados por Córdova-Ramírez (1988) y Salazar-Ayora (1993), lo que sugiere que estas diferencias en el peso del fruto podrían estar relacionadas con características inherentes a cada variedad. Sin embargo, es importante considerar que los resultados obtenidos por Muñoz (2017) y López (2017) en otras variedades de ají muestran una gran variabilidad en el peso del fruto; Muñoz en las variedades ají jalapeño (24,2 g) y habanero rojo (9,7 g), López obtuvo valores significantes de 140 g en la variedad pimiento supremo y frutos de 147,3 g en la variedad pimiento sequoya, lo que indica que otros factores, como las condiciones agroecológicas y las prácticas de cultivo, también pueden influir en esta característica.

4.2.1.2. Número de frutos por planta

El análisis de varianza (Tabla 17) reveló diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) para el número de frutos por planta en función de los tratamientos, la densidad de siembra, la variedad y la interacción entre ambos factores. El coeficiente de variación fue bajo (2,11 %), indicando una buena homogeneidad de los datos.

Tabla 21. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el efecto de la densidad de siembra sobre el peso, producción de frutos y rendimiento.

Peso del fruto (g)				Frutos por planta (n°)				Rendimiento (t/ha)			
Densidad	Variedad	Promedio	Sig.	Densidad	Variedad	Promedio	Sig.	Densidad	Variedad	Promedio	Sig.
11 905	Ají limo	15,36	a	11905	Ají de mesa	412,75	a	11905	Ají limo	35,59	a
	Ají de mesa	7,76	b		Ají limo	213,75	b		Ají de mesa	34,88	a
15 625	Ají limo	17,90	a	15625	Ají de mesa	315,75	a	15625	Ají limo	42,51	a
	Ají de mesa	7,75	b		Ají limo	176,25	b		Ají de mesa	34,69	b
20 833	Ají limo	15,71	a	20833	Ají de mesa	276,75	a	20833	Ají limo	40,00	a
	Ají de mesa	7,24	b		Ají limo	132,25	b		Ají de mesa	38,7	a
31 250	Ají limo	15,40	a	31250	Ají de mesa	207,25	a	31250	Ají limo	46,6	a
	Ají de mesa	7,59	b		Ají limo	105,25	b		Ají de mesa	46,13	a
62 500	Ají limo	13,98	a	62500	Ají de mesa	73,00	a	62500	Ají limo	52,73	a
	Ají de mesa	7,22	b		Ají limo	63,25	b		Ají de mesa	31,68	b

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

La prueba de Duncan revela que cada tratamiento representa un comportamiento único respecto al número de frutos por planta. Los tratamientos T₉, T₁, T₂ y T₁₀ mostraron los valores más altos, mientras que T₇, T₄ y T₈ presentaron los más bajos. Los tratamientos restantes (T₃, T₅ y T₆) se ubicaron en un rango intermedio.

La prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) mostró que el número de frutos por planta varió significativamente entre los tratamientos, con un rango de 63 a 413 frutos por planta. El tratamiento T₉ presentó el mayor número de frutos (412,75), mientras que el T₈ mostró el menor (63,25). Estos resultados sugieren que la combinación adecuada de densidad de siembra y variedad puede maximizar la producción de frutos (Tabla 18).

Se realizó una prueba de comparación de medias múltiples de Duncan ($\alpha = 0,05$) para determinar qué densidad de siembra presentó diferencias significativas en el número de frutos por planta. Los resultados se muestran en la Tabla 19.

Los resultados (Tabla 19 y Tabla 21) indican que la densidad de siembra de 0,70 x 1,20 m (11 905 pl./ha) favoreció la producción de frutos, alcanzando un promedio de 313.25 frutos por planta. Por el contrario, la densidad más alta (0,20 x 0,80 m, 62 500 pl./ha) resultó en la menor producción (68,13 frutos), sugiriendo una relación inversa entre densidad y número de frutos. Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Ramos (2021) y Trujillo (2021). Sin embargo, contrastan con los resultados de Muñoz (2017), quien no encontró diferencias significativas entre densidades. López (2017) y Paredes (2017) obtuvieron resultados mixtos, con tendencias variables según la variedad y especie de ají; López encontró diferencias estadísticas significativas para esta característica en dos variedades de *Capsicum annuum* (pimiento: supremo y sequoya), cultivadas bajo cuatro densidades de siembra (30 299, 33 330, 37 033 y 41 662 plantas/ha), el mayor valor en la variedad supremo fue de 16 frutos, con la distancia de 0,20 m (33 330 plantas/ha) y el menor número de frutos fue de 9,67 con la menor densidad de 0,22 m (30 299 plantas/ha); en la variedad sequoya el valor más alto fue de 15,33 frutos, con la distancia de 0,22 m (30 299 plantas/ha) y el menor número de frutos fue 12, con la mayor densidad de 0,16 m (41 662 plantas/ha); Paredes en su estudio en *Capsicum chinense* reporto bajo distancia de 0,70 x 0,90 m un valor de 3 999,29 frutos y para la distancia de 0,8 x 0,8 m el menor número de frutos con 2 524,06 frutos, valores altamente significantes.

La menor competencia entre plantas a densidades más bajas podría explicar el mayor número de frutos, al favorecer la absorción de agua, nutrientes y luz,

y reducir el riesgo de enfermedades y plagas, favoreciendo un mayor vigor vegetativo y una menor caída de flores. Como resultado, se obtiene un mayor desarrollo y producción de frutos.

A fin de identificar la variedad de ají que maximizó la producción de frutos, se aplicó la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$). Los resultados se presentan en la Tabla 20.

Los resultados de las Tabla 20 y Tabla 22, muestran que el ají de mesa (257,17 frutos/planta) presentó una producción significativamente mayor que el ají limo (138,15 frutos/planta). Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas de Córdova-Ramírez (1988) y Salazar-Ayora (1993), quienes reportaron una mayor producción de frutos en el ají de mesa comparado con el ají limo en condiciones similares (Córdova-Ramírez obtuvo con ají de mesa 363 frutos, ají Tingo María (ají limo) en promedio 144 frutos por planta y Salazar-Ayora con ají de mesa 425 frutos y con el ají Tingo María (ají limo) en promedio 161 frutos por planta). Asimismo, Muñoz (2017) encontró diferencias significativas en el número de frutos entre las variedades jalapeño y habanero. Estos resultados sugieren que la variedad es un factor determinante en la producción de frutos de ají y resaltan la importancia de seleccionar variedades adecuadas para maximizar la producción.

4.2.1.3. Rendimiento de fruto fresco

El análisis de varianza presentado en la Tabla 17 revela que los factores densidad de siembra, variedad de ají y su interacción tuvieron un efecto altamente significativo ($p < 0.05$) sobre el rendimiento total de fruto fresco. Esto indica que tanto la densidad como la variedad, así como la combinación de ambas, influyeron de manera importante en la producción. El bajo coeficiente de variación (10,76 %), superior al 10 % considerado como bajo según Gordón y Camargo (2015) sugiere una alta homogeneidad en los datos experimentales, lo que fortalece la confiabilidad de los resultados obtenidos.

El análisis estadístico revela que los tratamientos T₈, T₇ y T₃ presentan un rendimiento significativamente superior al resto. Los tratamientos T₅, T₆ y T₂ muestran un comportamiento similar, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, T₁₀, T₉, T₁ y T₄ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos óptimos.

Los resultados (Tabla 18) muestran que el tratamiento T₈ (52,730 t/ha) presentó el mayor rendimiento, superando significativamente al tratamiento T₄ (31,680 t/ha). Estos hallazgos son consistentes con estudios previos de Rangel (2016), Condori (2021), Ramos (2021) y Setiawati et al. (2022b), que reportaron un aumento en el rendimiento al incrementar la densidad de siembra hasta cierto punto. Sin embargo, Setiawati et al. (2022b)

observaron una disminución del rendimiento a densidades muy altas, sugiriendo la necesidad de podas. Rangel alcanzó 42,6 t/ha en ají tabasco al utilizar alta densidad de siembra (53 333 plantas/ha); Condori con una densidad de 30 000 plantas/ha, obtuvo 11 t/ha de ají paprika; Ramos con 50 000 plantas/ha de pimiento paprika obtuvo 20,39 t/ha y con 20 000 plantas/ha alcanzó 12,96 t/ha; Rosado obtuvo resultados similares en ají escabeche con distancia de 0,40 x 1,40 m (17 750 pl./ha) alcanzó 33,21 t/ha y con distancia de 0,60 x 1,40 m (11 833pl/ha) llegó a 21,07 t/ha. Setiawati et al. (2022b) en su estudio realizado en Indonesia, titulado “Características de crecimiento, rendimiento y susceptibilidad a plagas y enfermedades del ají (*Capsicum annuum L*) bajo diferentes densidades de plantación y niveles de poda” reportó valores decrecientes al aumentar la densidad de siembra con una población de plantas de ají entre 20 000 a 30 000 plantas/ha aumento el rendimiento hasta un 52,58 % pero al aumentar a 40 000 plantas/ha redujo el rendimiento en un 34,09 %. Nuestros resultados indican que el ají limo se benefició de una mayor densidad, mientras que el ají de mesa mostró una disminución en el rendimiento a densidades más altas. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar la densidad de siembra adecuada para cada variedad y considerar factores como la competencia por recursos y la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Para determinar cuáles tratamientos de ají presentaron diferencias significativas en su rendimiento, se realizó una prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=0,05$). Los resultados se muestran en la Tabla 18.

El espaciamiento adecuado de las plantas permite que los cultivos crezcan en buenas condiciones, sin problemas, como la competencia de nutrientes y la falta de espacio de crecimiento estresante (Yance, 2018); cuando la densidad es muy alta, influye en la proliferación de plagas y enfermedades y no siempre se obtienen mayores rendimientos, sino al contrario, se ve reflejado como una falta de vigor de las plantas que repercute en su productividad (Cano, 2016). Se tiene que tener en cuenta las variedades que mejor respuesta tengan a las condiciones de suelo y clima de la zona (Yance, 2018).

En la Tabla 19 se observa que las distancias de 0,40 m entre plantas x 0,80 m entre hileras obtuvo un rendimiento de 46,370 t/ha estadísticamente igual a la distancia de 0,20 m entre plantas x 0,80 m entre hileras y superior estadísticamente a la distancia de 0,70 m entre plantas x 1,20 m entre hileras con 35,240 t/ha. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Muñoz (2017).

Tabla 22. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el efecto de la variedad de ají, sobre el peso, producción de frutos y rendimiento.

Peso del fruto (g)				Frutos por planta (n°)				Rendimiento (t/ha)			
Variedad	Densidad	Prom.	Sig.	Variedad	Densidad	Prom.	Sig.	Variedad	Densidad	Prom.	Sig.
Ají de mesa	11 905	7,76	a	Ají de mesa	11905	413	a	Ají de mesa	31250	46,13	a
	15 625	7,75	a		15625	316	b		20833	38,7	b
	31 250	7,59	b		20833	277	c		11905	34,88	b c
	20 833	7,24	c		31250	207	d		15625	34,69	b c
	62 500	7,22	c		62500	73	e		62500	31,68	c
Ají limo	15 625	17,90	a	Ají limo	11905	214	a	Ají limo	62500	52,73	a
	20 833	15,71	b		15625	176	b		31250	46,6	a b
	31 250	15,40	b c		20833	132	c		15625	42,51	b c
	11 905	15,36	c		31250	105	d		20833	40,00	b c
	62 500	13,98	d		62500	63	e		11905	35,59	c

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

La tabla 19, presenta la comparación de medias de los tratamientos para el rendimiento de frutos frescos de ají según la densidad de siembra mediante la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

Los resultados presentados en la Tabla 19 muestran que las distancias de siembra de 0,40 m entre plantas x 0.80 m entre hileras y 0,20 m entre plantas x 0,80 m entre hileras presentaron los mayores rendimientos (46,370 t/ha), siendo estadísticamente iguales entre sí y superiores a la distancia de 0,70 m x 1.20 m. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos de Muñoz (2017) y Trujillo (2021), quienes también reportaron mayores rendimientos a densidades de siembra intermedias; Muñoz con distancias de 0,50 m entre plantas x 0,80 entre hileras obtuvo un rendimiento de 14,585 t/ha y con distancias de 0,70 m entre plantas x 0,80 entre hileras obtuvo un rendimiento de 9,081 t/ha. Trujillo (2021) en su estudio probó distancias de 0,40 x 1,20 m y 0,60 x 1,20 m en ají escabeche realizando seis cosechas, llegando a obtener valores para rendimiento de 28,6 t/ha y 24,12 t/ha respectivamente. Sin embargo, López (2017) encontró una relación no lineal entre densidad y rendimiento en pimiento, con valores máximos a densidades intermedias y disminuciones a densidades más altas; López evaluó el rendimiento de dos variedades de pimiento (Supremo y Sequoia) bajo diferentes densidades de siembra. La variedad Supremo alcanzó su mayor rendimiento (86,281 t/ha) a una densidad de 33,330 plantas/ha (0.20 m), mientras que el menor rendimiento (42,27 t/ha) se obtuvo a 30,299 plantas/ha (0.22 m). En la variedad Sequoia, el rendimiento máximo (67,383 t/ha) se logró a 30,299 plantas/ha (0.22 m), y el mínimo (52,053 t/ha) a 33,330 plantas/ha (0.20 m). Estos resultados indican que la relación entre densidad de siembra y rendimiento puede variar según la variedad. La Tabla 20 presenta los resultados de la prueba de Duncan para la comparación de variedades.

Los resultados de la Tabla 20 muestran que el ají limo (43,490 t/ha) presentó un rendimiento significativamente mayor al ají de mesa (37,210 t/ha). Estos hallazgos contrastan con los de Muñoz (2017), quien no encontró diferencias significativas entre ají jalapeño y habanero rojo. Riva (2019b) reportó rendimientos variables de ají charapita en función del distanciamiento y tipo de suelo, con valores más altos en suelos aluviales. Córdova-Ramírez (1988) y Salazar-Ayora (1993) también encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre diferentes tipos de ají, destacando el ají Tingo María y el ají de mesa.

Riva (2029) en su estudio realizado en terrazas altas y suelos aluviales, en la provincia de Coronel Portillo (Pucallpa); en terrazas altas, cultivando ají bajo

distanciamientos de 0,80 m x 0,80 m; 1,5 m x 2 m; 1 m x 2 m; reporto rendimientos de 7 812,50; 1 666,67; 3 863,80 kg/ha respectivamente; y en un tipo de suelo aluvial, bajo distanciamiento de 1 m x 1 m, se llegó a tener 12 000 kg/ha; llegando a cosechar de 489,7 a 736,8 g de fruto/planta en los suelos de terraza alta y hasta 1 200 g de fruto/planta en los suelos aluviales. Por su parte Córdova-Ramírez a un distanciamiento de 0,70 m x 1,20 m, obtuvo 23 829,4 kg/ha de ají Tingo María y 21 666,7 kg/ha de ají de mesa. En cambio, Salazar-Ayora a un distanciamiento de 0,70 m x 1,20 m, obtuvo 30 674,6 kg/ha de ají Tingo María y 40 519,9 kg/ha de ají de mesa. Sin embargo, los valores de rendimiento y las condiciones de cultivo varían considerablemente entre estos estudios, lo que dificulta una comparación directa.

Los estudios de Riva (2019b), Córdova-Ramírez (1988) y Salazar-Ayora (1993) evidencian la influencia de la variedad y el distanciamiento de siembra en el rendimiento del ají. Riva encontró una variabilidad considerable en el rendimiento según el tipo de suelo y el distanciamiento, mientras que Córdova-Ramírez y Salazar-Ayora reportaron mayores rendimientos para el ají Tingo María y el ají de mesa. Estos resultados subrayan la importancia de optimizar las prácticas de cultivo para cada variedad y condición agroecológica.

La optimización de la densidad de siembra es crucial para maximizar el rendimiento del cultivo de ají. Si bien un mayor número de plantas por unidad de área puede incrementar el rendimiento total, es necesario considerar el efecto de la competencia entre plantas por recursos como agua, nutrientes y luz. Nuestros resultados indican que la respuesta a la densidad de siembra varía según la variedad, siendo el ají de mesa más sensible a incrementos en la densidad que el ají limo.

4.3. Características biométricas asociadas a la calidad física en frutos de ají

4.3.1. Diámetro polar del fruto, diámetro ecuatorial del fruto y contenido de materia seca del fruto.

El análisis de los datos (Tabla 23) revela que la densidad de siembra es un factor determinante en la calidad física del fruto, afectando variables como peso, diámetro y contenido de materia seca ($p \leq 0,05$). Estos resultados indican que la manipulación de la densidad de siembra puede ser una herramienta útil para mejorar la calidad del producto final. Al respecto, Yance (2018) y Setiawati et al. (2022b) coinciden en que la densidad de siembra y el arreglo espacial de las plantas impactan significativamente en diversos aspectos del crecimiento y desarrollo de la planta, incluyendo el rendimiento y la calidad del fruto.

4.3.1.1. Diámetro polar del fruto

El análisis de varianza (Tabla 23) reveló diferencias estadísticas significativas en el diámetro polar del fruto para los factores densidad, variedad e interacción densidad*variedad, indicando que estos factores influyeron en esta característica. El bajo coeficiente de variabilidad (3,45 %) sugiere una alta precisión en los datos. En cuanto a la longitud del fruto, se encontraron diferencias significativas entre las diferentes densidades, siendo las densidades intermedias las que presentaron los mayores valores. Estos resultados contrastan con los reportados por Trujillo (2021), Condori (2021) y Muñoz (2017), pero coinciden parcialmente con los hallazgos de Mamani (2014), Ramos (2021) y Aguilar (2016), quienes observaron una tendencia hacia frutos más grandes a menores densidades.

El análisis estadístico (Tabla 24) revela que el tratamiento T₇ muestra un diámetro polar del fruto significativamente superior al resto. Los tratamientos T₈, T₁₀, T₆ y T₅ muestran un comportamiento homogéneo, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, los tratamientos T₂, T₃, T₁, T₄ y T₉ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos óptimos.

Los resultados del estudio indican que la densidad de siembra, la variedad y la interacción entre ambos factores influyen significativamente en el diámetro polar del fruto, como se evidencia en el análisis de varianza (Tabla 23). Además, se observó una relación no lineal entre la densidad de siembra y la longitud del fruto, siendo las densidades intermedias las que presentaron los mayores valores (Tabla 25). Estos hallazgos sugieren que la optimización de la densidad de siembra puede ser una estrategia importante para mejorar el tamaño de los frutos en ciertas variedades de ají.

Tabla 23. Cuadrados medios y significación estadística ($\alpha \leq 0,05$) para diámetro polar del fruto, diámetro ecuatorial del fruto y contenido de materia seca del fruto.

Fuente de variación	G.L.	Diámetro polar (cm)		Diámetro ecuatorial (cm)		Materia seca del fruto (t/ha)	
		C.M.	P - valor	C.M.	P - valor	C.M.	P - valor
Bloques	3	0,05 ^{NS}	0,5344	0,04 ^S	0,0234	0,32 ^{NS}	0,5456
Tratamientos	9	21,89 ^{AS}	0,0001	0,11 ^{AS}	0,0001	2,33 ^{AS}	0,0030
A (Densidad)	4	0,38 ^{AS}	0,0010	0,02 ^{NS}	0,3180	9,664 ^{AS}	0,0001
B (Variedad)	1	194,3 ^{AS}	0,0001	0,89 ^{AS}	0,0001	13,669 ^{AS}	0,0001
A*B	4	0,29 ^{AS}	0,0045	0,02 ^{NS}	0,3051	2,328 ^{AS}	0,0002
Error experimental	30	0,06		0,01		0,43	
Total	39						
C. V. (%)		3,45		4,05		14,20	

Leyenda:

Los grados de libertad (GL), los cuadrados medios (CM) y el coeficiente de variación (CV) son medidas estadísticas utilizadas en este estudio.

Se consideraron diferencias estadísticas significativas al 1 % (AS) y al 5 % (S). NS indica que no se encontraron diferencias significativas

Tabla 24. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para el diámetro polar, diámetro ecuatorial y materia seca del fruto, según los tratamientos.

Diámetro polar del fruto (cm)						Diámetro ecuatorial (cm)				Materia seca del fruto (t/ha)			
Trat.	Descripción		n	Media	Agrup.	Trat.	n	Media (cm)	Agrup.	Trat.	n	Media	Agrup.
	Densidad	Variedad											
T ₇	31 250	Ají limo	4	9,81	a	T ₅	4	2,68	a	T ₈	4	6,92	a
T ₈	62 500	Ají limo	4	9,59	a b	T ₇	4	2,63	a	T ₇	4	6,22	a
T ₁₀	11 905	Ají limo	4	9,35	b c	T ₆	4	2,61	a	T ₃	4	5,99	a
T ₆	20 833	Ají limo	4	9,31	b c	T ₈	4	2,60	a	T ₅	4	4,98	b
T ₅	15 625	Ají limo	4	9,03	c	T ₁₀	4	2,57	a	T ₆	4	4,14	b c
T ₂	20 833	Ají de mesa	4	5,29	d	T ₉	4	2,38	b	T ₄	4	4,02	c
T ₃	31 250	Ají de mesa	4	5,27	d	T ₁	4	2,38	b	T ₁₀	4	3,85	c
T ₁	15 625	Ají de mesa	4	5,04	d e	T ₄	4	2,36	b	T ₂	4	3,59	c
T ⁴	62 500	Ají de mesa	4	4,80	e f	T ₂	4	2,27	b c	T ₁	4	3,45	c
T ₉	11 905	Ají de mesa	4	4,66	f	T ₃	4	2,20	c	T ₉	4	3,22	c

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

Leyenda:

- T₁: 0,80 m x 0,80 m (15 625 plantas), ají de mesa
- T₂: 0,60 m x 0,80 m (20 833 pl./ha), ají de mesa
- T₃: 0,40 m x 0,80 m (31 250 pl./ha), ají de mesa
- T₄: 0,20 m x 0,80 m (62 500 pl./ha), ají de mesa
- T₅: 0,80 m x 0,80 m (15 625 pl./ha), ají limo
- T₆: 0,60 m x 0,80 m (20 833 pl./ha), ají limo
- T₇: 0,40 m x 0,80 m (31 250 pl./ha), ají limo
- T₈: 0,20 m x 0,80 m (62 500 pl./ha), ají limo
- T₉: 0,70 m x 1,20 m (11 905 pl./ha), ají de mesa
- T₁₀: 0,70 m x 1,20 m (11 905 pl./ha), ají limo

Los resultados presentados en las Tabla 25 y Tabla 27, indican que la densidad de siembra de 0,40 x 0,80 m (31 250 pl./ha) favoreció un mayor diámetro polar promedio del fruto (7,54 cm), mientras que la densidad de 0,70 x 1,20 m (11 905 pl./ha) presentó el menor diámetro (7 cm). Estos hallazgos contrastan con los reportados por Muñoz (2017) y Rosado (2021), quienes no encontraron diferencias significativas en el diámetro polar del fruto entre diferentes densidades de siembra (Muñoz con distancia de 0,50 m entre plantas x 0,80 m entre hileras presentó 5,3 cm y con distancia de 0,60 m entre plantas x 0,80 entre hileras obtuvo frutos de 5,2 cm de largo, Rosado en su estudio obtuvo menor diámetro polar del fruto de ají escabeche (14,9 cm) en su menor distancia 0,40 x 1,40 m (17 750 pl./ha) y en la distancia de 0,60 x 1,40 m (11 833 pl./ha) un diámetro polar superior de 15,7 cm). Los resultados de la prueba de Duncan (Tabla 25 y Tabla 28) permitirán determinar si existen diferencias significativas entre las diferentes variedades de ají.

Tabla 25. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para comparar el efecto de la densidad de siembra sobre el diámetro polar del fruto y el contenido de materia seca del fruto.

Diámetro polar del fruto (cm)					Materia seca del fruto (t/ha)				
Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.	Niveles	Densidad	n	Media	Agrup.
a ₄	31 250	8	7,54	a	a ₄	31 250	8	6,10	a
a ₃	20 833	8	7,30	a b	a ₅	62 500	8	5,47	a
a ₅	62 500	8	7,19	b c	a ₃	15 625	8	4,21	b
a ₂	15 625	8	7,03	c	a ₂	20 833	8	3,87	b c
a ₁	11 905	8	7,00	c	a ₁	11 905	8	3,53	c

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

Los resultados de las Tabla 26 y Tabla 28, muestran que el ají limo (9,42 cm) presenta una longitud de fruto significativamente mayor en comparación con el ají de mesa (5,01 cm). Estos hallazgos son consistentes con los resultados de Muñoz (2017), quien también observó diferencias significativas en la longitud del fruto entre diferentes variedades de ají, con el ají jalapeño (6,2 cm) presentando una longitud mayor que el ají habanero rojo (4,2 cm), lo que sugiere que la longitud del fruto es una característica varietal. El ají limo podría ser una opción interesante para aquellos productores que buscan frutos más largos. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la producción y comercialización de estos cultivos, ya que la longitud del fruto es un factor clave para la determinación del rendimiento y la calidad del producto final. Sin embargo, es importante destacar que los resultados obtenidos en este estudio se limitan a las condiciones específicas de la investigación y pueden no ser generalizables a otras regiones o variedades.

Tabla 26. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para comparar el efecto de la variedad de ají sobre el diámetro polar, diámetro ecuatorial y materia seca del fruto.

Diámetro polar del fruto (cm)				Diámetro ecuatorial del fruto (cm)				Materia seca del fruto (t/ha)			
Var.	n	media	Sig.	Var.	n	media	Sig.	Var.	n	media	Sig.
Ají limo	20	9,42	a	Ají limo	20	2,62	a	Ají limo	20	9,67	a
Ají de mesa	20	5,01	b	Ají de mesa	20	2,32	b	Ají de mesa	20	8,01	b

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

4.3.1.2. Diámetro ecuatorial del fruto.

El análisis de varianza (Tabla 23) muestra que el diámetro ecuatorial del fruto se vio afectado significativamente por los tratamientos y la variedad de ají. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación con la densidad de siembra ni con la interacción entre densidad y variedad. El bajo coeficiente de variabilidad (4,05 %) indica una alta precisión en los datos. La Tabla 24 presenta los resultados de la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para comparar las medias de los diferentes tratamientos.

El análisis estadístico revela que los tratamientos T₅, T₇, T₆, T₈ y T₁₀ representan un comportamiento homogéneo y un diámetro ecuatorial del fruto significativamente superior al resto. Los tratamientos T₉, T₁ y T₄ muestran un comportamiento unificado, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, los tratamientos T₂ y T₃ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos óptimos.

El diámetro ecuatorial del fruto varió entre 2,68 y 2,20 cm (Tabla 24), siendo mayor en los tratamientos con mayor distanciamiento entre plantas. Sin embargo, la prueba de Duncan no mostró diferencias estadísticas significativas entre las diferentes densidades. Por el contrario, se observaron diferencias significativas entre las variedades, con el ají limo presentando un diámetro mayor que el ají de mesa. Estos resultados son parcialmente consistentes con la literatura, ya que algunos estudios (Muñoz, 2017; Condori, 2021; Mamani, 2014) no encontraron diferencias significativas en el diámetro del fruto en respuesta a la densidad de siembra, mientras que otros (Aguilar, 2016; Rosado, 2021) reportaron resultados contradictorios. La Tabla 24 presenta los resultados de la prueba de Duncan para la variable variedad.

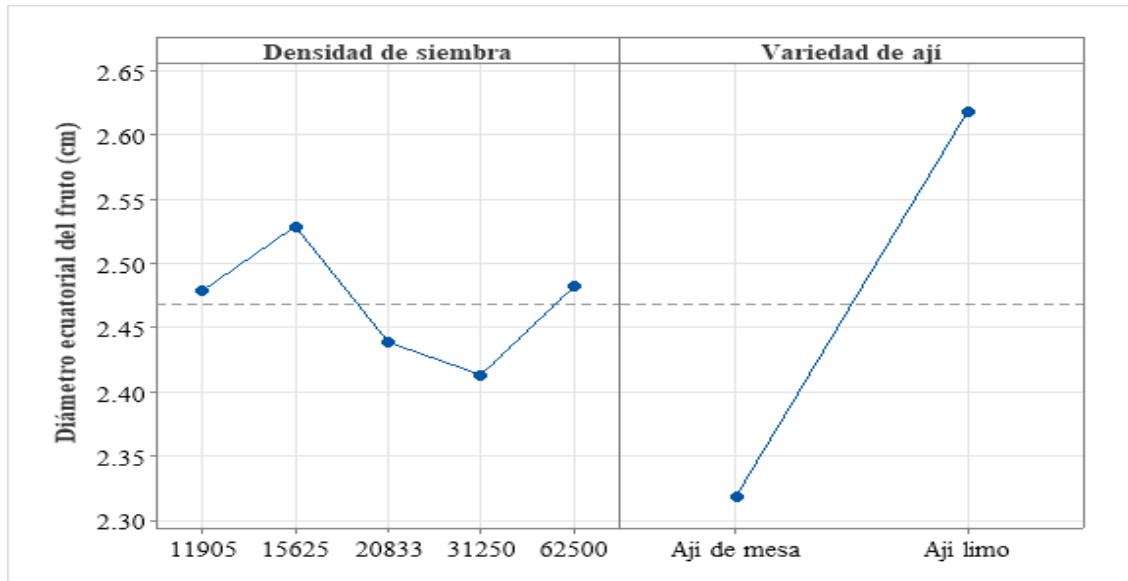


Figura 14. Efectos principales para diámetro ecuatorial del fruto en función de la densidad.

La Figura 14 muestra que la densidad de 0,80 x 0,80 m generó el mayor diámetro ecuatorial promedio, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Los resultados de las Tabla 26 y Tabla 28 muestran que el ají limo (2,62 cm) presentó un diámetro ecuatorial significativamente mayor en comparación con el ají de mesa (2,32 cm), lo que coincide con los hallazgos de Muñoz (2017) quien observó diferencias similares entre el ají jalapeño (3,3 cm) y el habanero rojo (3,2 cm), lo que sugiere que la variabilidad genética es un factor importante en la determinación del tamaño del fruto. Sin embargo, la falta de consenso en la literatura indica que otros factores, como las condiciones agronómicas y ambientales, también pueden influir en esta característica.

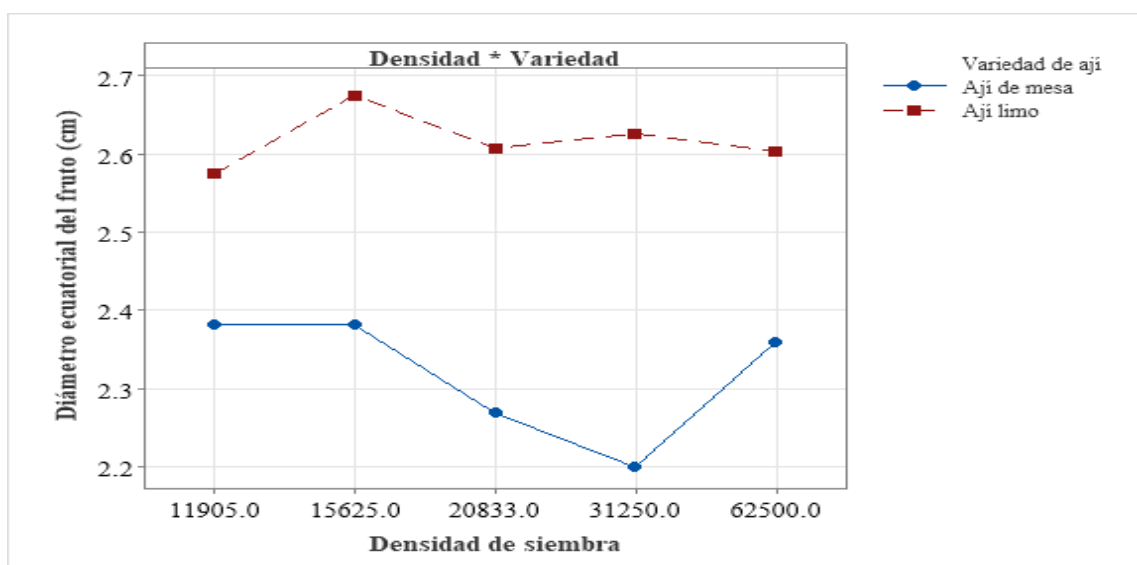


Figura 15. Interacción de la densidad y la variedad en el diámetro ecuatorial del fruto.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la producción de ají, ya que indican que la selección de la variedad y el manejo agronómico adecuado pueden ser estrategias clave para obtener frutos de mayor tamaño. Sin embargo, se requieren más investigaciones para comprender completamente los mecanismos fisiológicos que subyacen a estas relaciones.

Tabla 27. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el diámetro polar y la materia seca del fruto respecto a la interacción de la densidad de siembra y la variedad de ají.

Diámetro polar del fruto (cm)				Materia seca del fruto			
Densidad	Variedad	Promedio	Sig.	Densidad	Variedad	Promedio	Sig.
11905	Ají limo	9,35	a	11905	Ají limo	9,35	a
	Ají de mesa	4,66	b		Ají de mesa	4,66	b
15625	Ají limo	9,03	a	15625	Ají limo	9,03	a
	Ají de mesa	5,04	b		Ají de mesa	5,04	b
20833	Ají limo	9,31	a	20833	Ají limo	9,31	a
	Ají de mesa	5,29	b		Ají de mesa	5,29	b
31250	Ají limo	9,81	a	31250	Ají limo	9,81	a
	Ají de mesa	5,27	b		Ají de mesa	5,27	b
62500	Ají limo	9,59	a	62500	Ají limo	9,59	a
	Ají de mesa	4,8	b		Ají de mesa	4,8	b

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

4.3.1.3. Materia seca del fruto

El análisis de varianza (Tabla 23) muestra que el porcentaje de materia seca del fruto se vio afectado significativamente por los tratamientos, la densidad de siembra, la variedad de ají y la interacción entre ambos factores. El coeficiente de variabilidad (3,04 %) indica una alta precisión en los datos.

El análisis estadístico revela que los tratamientos T₈, T₇ y T₅ presentan un comportamiento unificado y un diámetro ecuatorial del fruto significativamente superior al resto. Los tratamientos T₃, T₄, T₁₀ y T₆ muestran un comportamiento similar, ubicándose en un rango intermedio de efectividad. Por otro lado, los tratamientos T₁, T₉ y T₂ exhiben un desempeño inferior, diferenciándose notablemente de los tratamientos óptimos.

La Tabla 24 presenta los resultados de la prueba de Duncan. Los tratamientos T₈ (0,20 m x 0,80 m, ají limo) y T₇ (0,40 m x 0,80 m, ají limo) presentaron los mayores porcentajes de materia seca (6,92 y 6,22 t/ha), respectivamente), mientras que el menor valor se observó en el tratamiento T₉ (0,70 m x 1,20 m, ají de mesa) con 3,22 t/ha lo que sugiere que altas densidades de siembra combinadas con la variedad ají limo pueden favorecer

un mayor contenido de sólidos solubles en el fruto. Sin embargo, se requieren más investigaciones para comprender completamente los mecanismos fisiológicos que subyacen a estos resultados y para determinar las implicaciones prácticas para los productores.

Tabla 28. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$), para el diámetro polar y la materia seca del fruto respecto a la interacción de la variedad de ají y la densidad de siembra.

Diámetro polar del fruto (cm)				Materia seca del fruto (t/ha)			
Variedad	Densidad	Prom.	Sig.	Variedad	Densidad	Prom.	Sig.
Ají de mesa	20833	5,29	a	Ají de mesa	31250	5,99	a
	31250	5,27	a		62500	4,02	b
	15625	5,04	b		20833	3,59	b
	62500	4,8	c		15625	3,45	b
	11905	4,66	c		11905	3,22	b
Ají limo	31250	9,81	a	Ají limo	62500	6,92	a
	62500	9,59	a		31250	6,22	a
	11905	9,35	a b		15625	4,98	b
	20833	9,31	a b		20833	4,14	b c
	15625	9,03	b		11905	3,85	c

“Los grupos con la misma letra no difieren significativamente”

Estos resultados sugieren una relación positiva entre la densidad de siembra y el porcentaje de materia seca en el fruto, contrariamente a lo reportado por Aguilar (2016) el cual reporto que a menor densidad mayor porcentaje de materia seca. Aunque Trujillo (2021) encontró diferencias significativas en el contenido de materia seca asociadas a la densidad, los valores obtenidos en nuestro estudio no siguen el mismo patrón. La discrepancia entre estos estudios podría atribuirse a las diferentes condiciones edafoclimáticas y variedades de ají utilizadas.

La Tabla 25 muestra los resultados de la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para comparar las medias de las diferentes densidades de siembra en términos de contenido de materia seca.

Los resultados presentados en la Tabla 25 y Tabla 27, muestran que la densidad de siembra de 0,40 x 0,80 m (31 250 pl./ha) favoreció un mayor contenido de materia seca en el fruto (6,10 t/ha), mientras que la densidad de 0,70 x 1,20 m (11 905 pl./ha) presentó el valor más bajo (3,52 t/ha). Estos resultados sugieren una relación positiva entre la densidad de siembra y el contenido de materia seca, lo cual difiere de los hallazgos de Rosado (2021), quien no encontró diferencias significativas en el contenido de materia seca para densidades similares, lo que sugiere que la respuesta de la planta a la densidad de siembra puede

variar entre especies y condiciones de cultivo. La optimización de la densidad de siembra es fundamental para lograr una producción eficiente y sostenible, muchos agricultores establecen densidades de siembra comerciales sin considerar la variabilidad genética de las plantas y su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones de cultivo, como lo señalan Quintero y Barraza (citado en Rodríguez, 2000). Mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$), presentada en la Tabla 26, evaluaremos si existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de materia seca entre las variedades de ají.

Los resultados presentados en la Tabla 26 muestran que el ají limo (9,67 t/ha) presentó un mayor contenido de materia seca en comparación con el ají de mesa (8,01 t/ha). Aunque estos resultados son ligeramente inferiores a los reportados por López (2017) quien reportó valores ligeramente superiores para las variedades supremo y sequoya, confirman la influencia del genotipo en esta característica. El contenido de materia seca es resultado de una compleja interacción entre factores genéticos, condiciones ambientales y prácticas de cultivo. La estructura de la planta, en particular el número de tallos y ramas, puede influir en la distribución de los asimilados y, por lo tanto, en la calidad del fruto.

4.3.1.4. Clasificación de la producción.

La clasificación de los frutos de ají, presentada en la Tabla 43, se basó en características como tamaño, peso, color y presencia de daños. La cosecha manual, programada en intervalos de 7 a 10 días, permitió obtener frutos de alta calidad. El manejo postcosecha, que incluyó el uso de recipientes adecuados y la recolección en horarios frescos, minimizó los daños y garantizó la conservación de las características del producto. Estas prácticas culturales son fundamentales para obtener un producto de alta calidad.

Los requisitos de calidad del ají son variables y dependen del destino final del producto. Sin embargo, características como el color, tamaño, textura, sabor y picor son comúnmente evaluadas. Los principales defectos observados en los ajíes comercializados incluyen un grado de madurez inadecuado, presencia de manchas causadas por plagas y deformaciones en la forma del fruto (Díaz, 2021). La identificación de variedades de chile de buena calidad se puede hacer observando sus hojas (Suwarningsih et al., 2022); Los parámetros de calidad son humedad, pH, contenido de cenizas, oleorresina, contenido de ácido ascórbico, pungencia (picante) y color (Reddy et al., 2023).

Tabla 29. Clasificación en frutos de ají limo y ají de mesa.

Variedad	Categoría	Tamaño	Peso	Color	Daño
Ají de mesa	Primera	4 - 6 cm	8 - 15 g	2- 50 % del fruto rojo	Ninguno
	Segunda	2 - 4 cm	5 -8 g	100 % fruto rojo	Ninguno
	Tercera	–	–	100 % fruto rojo	Daños por plagas y enfermedades
Ají limo	Primera	8 - 15 cm	15 - 25 g	100 % Fruto verde	Ninguno
	Segunda	4 - 8 cm	10 - 15 g	100 % fruto rojo	Ninguno
	Tercera	–	–	100 % fruto rojo	Daños por plagas y enfermedades

Predominantemente, el color y el picante son dos de los factores (Gangadhar et al., 2012), que deciden las características de calidad y son activamente responsables de la comercialización organizada y el comercio de los ajíes (Jalgaonkar et al., 2022). La determinación de color (luminosidad, rojo, amarillo, etc.) se realiza a través de un colorímetro, mientras que la determinación de carotenoides totales (mg b-caroteno/100 g de pulpa) se realiza espectrofotométricamente (Espinoza, 2017).

López (2017) afirma que la densidad de siembra no tiene influencia en el peso, longitud y diámetro del fruto, debido a que estas variables son características propias de cada cultivar, además al interrelacionar el rendimiento y la calidad, afirma que a medida que aumenta la densidad de siembra aumenta el rendimiento por hectarea, pero los frutos de primera calidad disminuyen. Lo que coincide con los resultados de la presente investigación es referente a que la longitud y el diámetro son caracteres definidos por cada variedad. Sin embargo, discrepa en lo referido a peso del fruto y contenido de materia seca, pues fue posible encontrar diferencia estadística.

El distanciamiento de siembra llega a tener significancia en variables longitud del fruto y diámetro (Curo, 2012); la respuesta del rendimiento al incremento de la densidad de población se explica por la interacción de múltiples factores. En un primer momento, un mayor número de plantas por unidad de área incrementa la intercepción de radiación solar, lo que se traduce en una mayor tasa fotosintética y, consecuentemente, en una mayor producción y acumulación de biomasa. Sin embargo, a densidades excesivas, la competencia intraespecífica por luz, agua y nutrientes se intensifica, lo que limita el crecimiento individual de las plantas y reduce el rendimiento. Adicionalmente, condiciones de alta densidad

pueden favorecer el desarrollo de enfermedades y plagas, debido al microclima más húmedo y a la mayor proximidad entre las plantas. Por otro lado, una mayor uniformidad en el tamaño y desarrollo de las plantas permite una mayor densidad de siembra sin comprometer significativamente el rendimiento, al minimizar la competencia asimétrica (Ramos (como se citó en Cayón, 1992)).

Los requisitos de calidad del ají varían según su destino final, pero generalmente incluyen características como color, tamaño, textura y picor. Estos atributos, junto con la ausencia de defectos, son cruciales para su comercialización. Estudios previos (Díaz, 2021; Gangadhar et al., 2012; Jalgaonkar et al., 2022) han destacado la importancia del color y el picante en la determinación de la calidad y el valor comercial del ají. La determinación cuantitativa de estas características se realiza mediante técnicas como la colorimetría y la espectrofotometría (Espinoza, 2017).

La densidad de siembra influye en diversas variables del cultivo, como el rendimiento y la calidad del fruto. Si bien López (2017) encontró que la densidad no afecta el tamaño del fruto, nuestros resultados y otros estudios (Curo, 2012) sugieren que puede influir en la longitud y el diámetro. La respuesta del cultivo a la densidad de siembra es compleja, ya que implica una interacción entre factores como la competencia por recursos y las condiciones ambientales. Una densidad adecuada maximiza la producción sin comprometer la calidad del fruto, minimizando la competencia entre plantas y favoreciendo un desarrollo uniforme.

4.4. Análisis beneficio- costo de los tratamientos experimentales

El análisis económico presentado en la Tabla 30 revela que la densidad de siembra y la variedad del cultivo tienen un impacto significativo en la rentabilidad del sistema de producción. Los costos de producción variaron considerablemente entre los diferentes tratamientos, siendo el T₅ (0,80 m x 0,80 m; ají limo) el más rentable, con un margen de ganancia de 2,08 soles por sol invertido. Por el contrario, el T₄ (0,20 m x 0,80 m; ají de mesa) presentó los costos más altos y la menor ganancia (0,81 soles). Estos resultados sugieren que una densidad de siembra adecuada, combinada con una variedad de cultivo adecuada, puede maximizar los beneficios económicos.

Tabla 30. Principales gastos de la producción de cultivo de ají de mesa y ají limo y análisis de rentabilidad del estudio.

Trat.	LT (S/.)	NPK(S/.)	AF(S/.)	S(S/.)	PV(S/.)	T(S/.)	M(S/.)	C(S/.)	CT(S/.)	R (Kg)	IB(S/.)	U(S/.)	IR	B/C
T ₁	96,40	36,49	6,00	0,47	29,77	30,00	39,53	96,49	335,15	266,40	532,79	197,64	0,59	1,59
T ₂	96,40	43,79	8,00	0,56	35,73	35,00	36,44	96,88	352,79	267,47	534,94	182,15	0,52	1,52
T ₃	96,40	58,38	10,00	0,75	47,63	40,00	35,25	102,65	391,07	283,42	566,84	175,77	0,45	1,45
T ₄	96,40	124,06	13,00	1,60	101,22	50,00	52,42	74,89	513,59	206,78	413,55	-100,04	-0,19	0,81
T ₅	96,40	36,49	6,00	1,79	29,77	30,00	39,53	42,21	282,19	326,48	587,66	305,47	1,08	2,08
T ₆	96,40	43,79	8,00	2,14	35,73	35,00	36,44	35,75	293,25	276,51	497,71	204,46	0,70	1,70
T ₇	96,40	58,38	10,00	2,86	47,63	40,00	35,25	37,02	327,55	286,32	515,37	187,82	0,57	1,57
T ₈	96,40	124,06	13,00	6,07	101,22	50,00	52,42	44,50	487,68	344,20	619,56	131,88	0,27	1,27
T ₉	96,40	24,33	3,00	0,31	19,85	25,00	36,36	84,90	290,15	234,42	468,83	178,69	0,62	1,62
T ₁₀	96,40	24,33	3,00	1,19	19,85	25,00	36,36	30,92	237,04	239,16	430,48	193,44	0,82	1,82

Leyenda:

LT: limpieza de terreno
 NPK: fertilización N, P₂O₅, K₂O
 AF: aplicación de fertilizantes
 S: semilla
 PV: preparación de vivero
 T: transplante
 M: mantenimiento
 C: cosecha
 CT: costo total
 R: rendimiento
 IB: ingreso bruto
 U: utilidad
 C/B: costo beneficio
 IR: índice de rentabilidad

T₁: 0,80 m x 0,80 m (15 625 plantas), ají de mesa
 T₂: 0,60 m x 0,80 m (20 833 pl./ha), ají de mesa
 T₃: 0,40 m x 0,80 m (31 250 pl./ha), ají de mesa
 T₄: 0,20 m x 0,80 m (62 500 pl./ha), ají de mesa
 T₅: 0,80 m x 0,80 m (15 625 pl./ha), ají limo
 T₆: 0,60 m x 0,80 m (20 833 pl./ha), ají limo
 T₇: 0,40 m x 0,80 m (31 250 pl./ha), ají limo
 T₈: 0,20 m x 0,80 m (62 500 pl./ha), ají limo
 T₉: 0,70 m x 1,20 m (11 905 pl./ha), ají de mesa
 T₁₀: 0,70 m x 1,20 m (11 905 pl./ha), ají limo

V. CONCLUSIONES

- La densidad de siembra de 62 500 plantas/ha (T₈) promovió una altura de planta promedio de 145,92 cm, un 25 % superior al tratamiento de 15 625 plantas/ha (T₁). Sin embargo, esta alta densidad redujo el número de ramas secundarias a 9 por planta, mientras que el tratamiento T₅ (15 625 pl./ha) presentó el mayor número con 11; en cuanto al índice de área foliar (IAF), el tratamiento T₈ (62 500 pl./ha) mostró el valor más elevado con 7,59; mientras que el T₁ (15 625 pl./ha) presentó el menor con 1,87. El ají limo destacó sobre el ají de mesa en términos de índice de contenido de clorofila, con valores de 55,58 y 53,58, respectivamente. Asimismo, el tratamiento T₈ (62 500 pl./ha) acumuló la mayor biomasa, con 15,53 t/ha, frente a las 2,59 t/ha del T₁ (15 625 pl./ha).
- En términos de rendimiento, el tratamiento T₈ (62 500 pl./ha) superó significativamente a los demás, alcanzando 52,730 t/ha, comparado con las 31,680 t/ha del T₄ (62 500 pl./ha), respecto a la producción y peso de frutos, el tratamiento T₉ (11 905 pl./ha) obtuvo el mayor número con 413 frutos, mientras que el T₈ (62 500 pl./ha) mostró el menor con 63 frutos por planta, el tratamiento T₅ (15 625 pl./ha) presentó el mayor peso promedio por fruto con 17,90 g, significativamente superior a los 7,22 g del T₄ (62 500 pl./ha).
- La calidad del fruto se vio influenciada por la densidad de siembra. El tratamiento T₇ (31 250 pl./ha) mostró la mayor longitud de fruto con 9,81 cm, mientras que el T₅ (15 625 pl./ha) presentó el mayor diámetro ecuatorial con 2,68 cm. Los tratamientos T₈ (62 500 pl./ha) y T₇ (31 250 pl./ha) mostraron los mayores porcentajes de materia seca del fruto, con 6,92 y 6,22 t/ha, respectivamente.
- Los tratamientos T₅ (15 625 pl./ha) y T₁₀ (11 905 pl./ha) para ají limo, y T₉ (11 905 pl./ha) y T₁ (15 625 pl./ha) en ají de mesa mostraron los mayores índices de rentabilidad. Estos tratamientos generaron retornos sobre la inversión superiores al 100 %, con márgenes de ganancia de 2,08; 1,82; 1,62 y 1,59 soles por cada sol invertido, respectivamente.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Basados en los resultados obtenidos, se propone a los agricultores del Valle del Alto Huallaga adoptar densidades de siembra de 0,80 x 0,80 m para ají limo y 0,70 x 1,20 m para ají de mesa como punto de partida para la optimización de sus sistemas de producción.
- Es fundamental continuar investigando para ajustar estas densidades a las condiciones específicas de cada parcela, considerando factores como el tipo de suelo, disponibilidad de agua, y prácticas de manejo del cultivo (tutorado, distribución espacial, disponibilidad de agua, fertilización balanceada).

VII. REFERENCIAS

- ADEX. (2017). *PERÚ PUEDE MEJORAR SU POSICIONAMIENTO COMO PROVEEDOR MUNDIAL DE PIMIENTOS Y AJÍES*. ADEX | Asociación de Exportadores. <https://www.adexperu.org.pe/notadeprensa/peru-puede-mejorar-su-posicionamiento-como-proveedor-mundial-de-pimientos-y-ajies/>
- Aguilar Vega, A. (2016). *Densidad de siembra en la producción y calidad de ají escabeche (Capsicum baccatum L. var. Pendulum)*, en *La Molina* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1994>
- Aminifard, M. H. (2022). Effect of cow vermicompost on growth, fruit yield, and quality of hot pepper (*Capsicum annuum* var. Red chili). *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*, 11(3), 363-374. <https://doi.org/10.30486/ijrowa.2021.1913049.1154>
- Angele, S., Famuwagun, B., & Ogunleye, A. (2016). *Efectos de la sombra sobre el microclima, las características del dosel y las integrales de luz en plántulas de cacao (Theobroma cacao L.) cultivadas en el campo durante la estación seca* | *Revista de Ciencias Hortícolas*. <https://jhs.ihr.res.in/index.php/jhs/article/view/105>
- Arévalo Rengifo, J. C. (2010). “El ají pprika (*Capsicum annuum* L.) como alternativa de cultivo en la región San Martín”. *Universidad Nacional de San Martín*. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/595>
- Attri, M. (2022). *Weed management in vegetables and flowers crops in India*. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue2S/PartI/S-11-1-205-798.pdf>
- Baquero Maestre, C., Guzmán Rozo, N., Páez Redondo, A., Rebolledo Podleski, N., Martínez Bustamante, E., & Pinto Zapata, M. (2005). *Tecnología para la producción de Aj Chino en la Costa Atlántica*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13437>
- Bertsch, F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bialevich, V., Zachleder, V., & Bišov, K. (2022). The effect of variable light source and light intensity on the growth of three algal species. *Cells*, 11(8), 1293.
- Cano Montero, W. G. (2016). Estudio agronómico del cilantro orgánico (*Coriandrum sativum* L.) cultivado em diferentes topografías de terreno y densidades de siembra en el cantón

- Quevedo. [bachelorThesis, Quevedo: UTEQ].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4309>
- Castellanos, C., Barrera, J. A., Hernández, M. S., Melgarejo, L. M., Carrillo, M., Rodríguez, L., & Martínez, O. (2009). Efecto de la densidad de plantación sobre crecimiento, producción y calidad en cinco accesiones de ají (*Capsicum spp.*) cultivadas en la Amazonia occidental colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.17584/rcch.2009v3i1.1202>
- Castillo Cáceres, A. (2019). Evaluación agronómica de ajíes promisorios de la colección de germoplasma de *Capsicum* del Programa de Hortalizas de la UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3896>
- Chandra Barua, I., Deka, J., Gogoi, K., Bayan, H., Kalita, H., & Bezbaruah, R. (2022). Spouting behaviour of weeds through mulch materials and their non-chemical management in chili (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Wastes and Biomass Management*, 4(2), 111-115. <https://doi.org/10.26480/jwbm.02.2022.111.115>
- Chaves-Barrantes, N. F., Gutiérrez-Soto, M. V., Chaves-Barrantes, N. F., & Gutiérrez-Soto, M. V. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 255-271. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>
- Condori Mamani, R. J. (2021). Evaluación agronómica de tres densidades de siembra del cultivo de paprika (*Capsicum annuum* L.) bajo ambiente protegido y en condiciones de campo abierto Mecapaca - La Paz [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/26200>
- Córdova Ramírez Hugo, (1988). Estudio comparativo de seis cultivares de ají (*Capsicum sp.*) bajo condiciones de invierno en Tingo María. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú
- Correa Álvarez, E. M., León Pacheco, R. I., Lobato Ureche, M. A., García Davila, M. A., Muñoz Perea, C. G., & Aramendiz Tatis, H. (2019). Caracterización morfoagronómica de la colección de germoplasma de ají dulce (*Capsicum spp.*) del caribe colombiano. *Temas Agrarios*, 24(2), Article 2. <https://biblat.unam.mx/es/revista/temas-agrarios/articulo/caracterizacion-morfoagronomica-de-la-coleccion-de-germoplasma-de-aji-dulce-capsicum-spp-del-caribe-colombiano>
- Curo Gallegos, N. (2012). Respuesta del cultivo de ají amarillo (*Capsicum baccatum* L.) Var. Pacae a la aplicación de tres dosis de promalina y tres distanciamientos de siembra, en

- el Proter – Sama durante campaña agrícola 2011. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann*. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1668>
- Darmawan, Purwakusuma, W., Yusuf, S. M., Widjaya, H., Nurcahyani, L. D., & Rantini, D. T. (2023). Indirect and direct land evaluation for red chili on low fertility soil under high annual rainfall with significant dry periods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1133(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1133/1/012018>
- Espinoza Orihuela, J. E. (2017). Efecto del tratamiento térmico sobre el color y el contenido de carotenoides totales en salsas de ajíes (*Capsicum spp*) nativos. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3007>
- Faridah, S. N., Waris, A., Mubarak, H., & Rahmi, R. (2023). Soil moisture-based furrow irrigation scheduling on chilli pepper plant. *AIP Conference Proceedings*, 2596(1), 060012. <https://doi.org/10.1063/5.0119101>
- Fukatine, T., Wanio, W., Tarue, R., Navus, P., & Iamba, K. (2023). Field Application of Ethanolic and Aqueous Chili Extracts to Control Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L.) in Cabbage (*Brassica Oleracea Var. Capitata* L.). *Journal of Advanced Zoology*, 44(1), Article 1. <https://doi.org/10.17762/jaz.v44i1.86>
- Gangadhar, B. H., Mishra, R. K., Pandian, G., & Park, S. W. (2012). Comparative Study of Color, Pungency, and Biochemical Composition in Chili Pepper (*Capsicum annum*) Under Different Light-emitting Diode Treatments. *HortScience*, 47(12), 1729-1735. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.12.1729>
- Garcia Pinedo, A. L. (2022). Efecto de aplicaciones foliares de una dosis de EM-CERAMICA en el crecimiento y producción del cultivo de ají dulce (*Capsicum annum* L.) en un inceptisol de Pucallpa [Universidad Nacional De Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5856>
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M. L., & Montanarella, L. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea—Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 2014*.
- Ghadirnezhad Shiade, S. R., Fathi, A., Taghavi Ghasemkheili, F., Amiri, E., & Pessarakli, M. (2023). Plants' responses under drought stress conditions: Effects of strategic management approaches—a review. *Journal of Plant Nutrition*, 46(9), 2198-2230. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2105720>

- Gozzer Puescas, C. (2018). *Determinación densidad de plantas/ha, en la siembra de ají paprika variedad Papriking para obtener campos con 80% de recojo y con daño mecánico menor al 25% en un proceso de cosecha mecanizada con cabezales de rotación invertida en Agrícola Cerro Prieto S.*
- Hardyanto, R. H., Ciptadi, P. W., & Mukhayat, N. (2021). Internet of Things Design on Chili Plants. *Journal of Physics: Conference Series*, 1823(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1823/1/012050>
- Holle, M., Véliz, G., & Saunders, J. (1983). Productividad de dos tipos de ají picante (*Capsicum spp.*) para industria de encurtido, sembrado en dos épocas, dos modalidades y tres densidades de siembra. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/12036>
- Huamancayo Postillos, S. F. (2022). Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de *Capsicum annuum* L (ají dulce). *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2235>
- Ichwan, B., Mukhsin, M., Eliyanti, E., & Windasari, W. (2022). Response of Red Chili (*Capsicum annuum* L.) to Humic Acid Application in Dryland. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.36706/jlso.11.2.2022.565>
- Ifatimehin, O. O., Ocholi, I., & Ojochenemi, A. (2021). *Kogi State: Environment, Society and Development*. <https://doi.org/10.54164/bk.dgev.2021.1>
- Ilniyaz, O., Du, Q., Shen, H., He, W., Feng, L., Azadi, H., Kurban, A., & Chen, X. (2023). Leaf area index estimation of pergola-trained vineyards in arid regions using classical and deep learning methods based on UAV-based RGB images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 207, 107723. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107723>
- Imran, A., Sardar, F., Khaliq, Z., Nawaz, M. S., Shehzad, A., Ahmad, M., Yasmin, S., Hakim, S., Mirza, B. S., Mubeen, F., & Mirza, M. S. (2022). Tailored Bioactive Compost from Agri-Waste Improves the Growth and Yield of Chili Pepper and Tomato. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2021.787764>
- [INDECI PNUD] *Mapa de peligros, Plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la Ciudad de Ambo (Biblioteca SIGRID)*. (2011). <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4358>
- Islam, K., Momo, J., Rawoof, A., Vijay, A., Anusree, V. K., Kumar, A., & Ramchiary, N. (2023). Integrated Use of Molecular and Omics Approaches for Breeding High Yield and Stress

- Resistance Chili Peppers. En S. Singh, D. Sharma, S. K. Sharma, & R. Singh (Eds.), *Smart Plant Breeding for Vegetable Crops in Post-genomics Era* (pp. 279-335). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5367-5_12
- Jaimez, R. E., Nava, N., Rivero, Y., & Trompiz, K. (2002). Efecto de diferentes intensidades de poda sobre la dinámica de floración y producción de ají dulce (*Capsicum chinense*, Jacq). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 19(2), 132-139. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-78182002000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Jalgaonkar, K., Mahawar, M. K., Girijal, S., & HP, G. (2022). Post-harvest profile, processing and value addition of dried red chillies (*Capsicum annum* L.). *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05656-1>
- Karanja, C. W. (2022). *Evaluation of Effects of Capsaicin in Suppression of Plant Pathogens in Tomatoes* [Thesis]. <http://erepository.uonbi.ac.ke/handle/11295/161628>
- Kesumawati, E., Apriyatna, D., & Rahmawati, M. (2020). The effect of shading levels and varieties on the growth and yield of chili plants (*Capsicum annum* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 425(1), 012080. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/425/1/012080>
- Kittas, C., Katsoulas, N., Rigakis, V., Bartzanas, T., & Kitta, E. (2012). Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87(1), 7-12. <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512822>
- Kruawan, S., Hanchaiyaphum, P., Sodawichit, S., Janthakhat, P., Konglamjeak, S., Khiewbanyang, N., Wutisart, T., & Phadungchob, B. (2022). Effect of Extraction Solvent on Capsaicin Content of Chinda Peppers. *Suan Sunandha Science and Technology Journal*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.53848/ssstj.v9i2.233>
- Kumar, Y. S. R., Shete, P. P., & Nalluri, S. R. (2022). Effect of Plant Growth Regulators on Growth and Yield Attributes of Chilli (*Capsicum annum* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 1369-1374. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i2231508>
- Kusumiyati, K., Syifa, R. J., & Farida, F. (2022). Effect of various varieties and dosage of potassium fertilizer on growth, yield, and quality of red chili (*Capsicum annum* L.). *Open Agriculture*, 7(1), 948-961. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0151>
- Libreros, D., Van, M. van, Petz, M., Meckelmann, S. W., Ríos, L., Peña, K., Amaya, K., Ramírez, M., & International, B. (2013). *Catálogo de ajíes (Capsicum spp.) peruanos*

- promisorios conservados en el banco de semillas del INIA - Perú* (p. 51) [Working Paper]. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/104577>
- López Pasapera, D. T. (2017). Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento y calidad de frutos de dos variedades de chile ancho (*Capsicum annuum* L.) en Cascajal—Santa—Ancash [Universidad Nacional Del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3061>
- Marinov, O., Nomberg, G., Sarkar, S., Arya, G. C., Karavani, E., Zelinger, E., Manasherova, E., & Cohen, H. (2023). Microscopic and metabolic investigations disclose the factors that lead to skin cracking in chili-type pepper fruit varieties. *Horticulture Research*, *10*(4), uhad036. <https://doi.org/10.1093/hr/uhad036>
- Martin, A. F., Wulandari, D. R., Ermayanti, T. M., Hapsari, B. W., Hafiih, E. A., & Sari, L. (2022). Radiosensitivity and phenotypic characterization of gamma ray-induced mutant population of four *Capsicum annuum* L. cultivars grown in screen house. *AIP Conference Proceedings*, *2462*(1), 020029. <https://doi.org/10.1063/5.0075173>
- Masabni, J., Sun, Y., Niu, G., & Valle, P. D. (2016). Shade Effect on Growth and Productivity of Tomato and Chili Pepper. *HortTechnology*, *26*(3), 344-350. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.3.344>
- Mozombite Garcia, J. 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 [Universidad Nacional De Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1869>
- Muñoz Villena, L. A. (2017). Comportamiento agronómico de dos variedades de Ají (*Capsicum annum* y *Capsicum chinense*), sometido a tres distanciamientos de siembra, en la zona de Babahoyo [bachelorThesis, Babahoyo: UTB, 2017]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3112>
- Nolasco Chumpitaz, J., & Casas Diaz, A. V. (2022). Dosis y momento de aplicación de cloruro de mepiquat en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *Pendulum*). *Anales Científicos*, *83*(1), 47-56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8530850>
- Paredes-Jácome, J. R., Mendoza-Villarreal, R., Perez-Rodriguez, M. Á., Robledo-Torres, V., Moreno-Limón, S., Paredes-Jácome, J. R., Mendoza-Villarreal, R., Perez-Rodriguez, M. Á., Robledo-Torres, V., & Moreno-Limón, S. (2019). Agronomic behavior of piquin pepper ecotypes under photoselective covers. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, *11*(1), 53-67. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.05.011>

- Parniani, F., Haghghi, M., & Mireei, S. A. (2022). The effect of adjusting fruit loading by pruning on the yield and quality of sweet pepper in low light conditions. *South African Journal of Botany*, 147, 903-914. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.03.001>
- Pola, W., Sugaya, S., & Photchanachai, S. (2020). Color Development and Phytochemical Changes in Mature Green Chili (*Capsicum annuum* L.) Exposed to Red and Blue Light-Emitting Diodes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(1), 59-66. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b04918>
- Quintero, I., & Barraza, F. (2009). Densidad poblacional y plasticidad fenotípica del ají picante (*Capsicum annuum* L.) C.V. Cayene Long Slim. *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 4(1), 55-66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4866555>
- Ramjattan, R., & Umaharan, P. (2022). Selection criteria for yield in hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 0(0), 1-17. <https://doi.org/10.1080/01140671.2022.2058966>
- Ramos Aramburu, H. C. (2021). Densidad de siembra, producción y calidad de semillas de Páprika (*Capsicum annuum* L.) en La Molina [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5078>
- Rangel Campos, L. (2016). Crecimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) bajo diferente espaciamiento entre hileras en la comarca lagunera [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42420>
- Rathnayaka, R. M. S. M. B., Sudasinghe, S. P., Nemoto, K., & Matsushima, K. (2022). *Effect of Salinity Stress on Brix %, Growth, and Yield in Chili Pepper*. SLTC Research University Sri Lanka. <http://repo.slta.ac.lk/{dSPACE.ui}/handle/1/328>
- Reddy, K. K., Harish, N., Tejashiwini, B., Amala, B., & Swamy, R. (2023). *Effect of different drying techniques on quality of Teja red chilli (MHCP-310) powder*. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue3/PartU/11-10-218-264.pdf>
- Riva Ruiz, R. (2019a). *Manual de cultivo de Ají Charapita (Capsicum frutescens L.)*. Universidad Nacional de Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4008>
- Rodríguez Araujo, E. A., Bolaños Benavides, M. M., & Menjivar Flores, J. C. (2010). Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 59(1), 55-64.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-28122010000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- Romero-Lozada, M. D. P., Puentes-Páramo, Y. J., Menjivar-Flores, J. C., Romero-Lozada, M. D. P., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2017). Extracción de nutrientes minerales en hojas y frutos de ají (*Capsicum sp.*), y su influencia en el rendimiento. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 114-121. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5809>
- Romero-Lozada, M. del P., Murillo, C. F. E., Garcia, S. M. S. M., Guerrero, J. J. W., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2016). Eficiencia de uso de nutrientes en ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) y habanero (*Capsicum chinense* Jacq). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.22490/21456453.1562>
- Rosado Julián, E. X. (2021). Densidad de siembra en Ají Escabeche (*Capsicum baccatum* L. var. *Pendulum*) bajo manejo orgánico, en La Molina [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4793>
- Ruiz Ruiz, M. (2016). *Implementación de un proyecto productivo de ají dulce como modelo de desarrollo agrícola para pequeños productores en el municipio de Córdoba, Bolívar*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fingenieria_agronomica%2F58&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Saeed, F., Rasul, S., Batool, S., Zafar, Z. U., & Manzoor, H. (2023). Exogenous applications of salicylic acid alleviate the damaging effects of heat stress in chili (*Capsicum frutescens* L.) through improved antioxidant defense system. *International Journal of Applied and Experimental Biology*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.56612/ijaeb.v2i1.51>
- Salazar Ayora Leoncio José, (1993). Estudio comparativo de seis tipos de ají (*Capsicum sp.*) bajo condiciones de verano en Tingo María. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.
- Serrano-Mejía, C., Bello-Bedoy, R., Arteaga, M. C., & Castillo, G. R. (2022). Does Domestication Affect Structural and Functional Leaf Epidermal Traits? A Comparison between Wild and Cultivated Mexican Chili Peppers (*Capsicum annuum*). *Plants*, 11(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/plants11223062>
- Setiawati, W., Muharam, A., Hasyim, A., Prabaningrum, L., Moekasan, T. K., Murtiningsih, R., Lukman, L., & Mejaya, M. J. (2022). Growth, and yield characteristics as well as pests

- and diseases susceptibility of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) under different plant densities and pruning levels. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(1), 543-553. https://doi.org/10.15666/aeer/2001_543553
- Situmeang, Y. P., Sudita, I. D. N., Suarta, M., & Damayanti, N. L. P. S. D. (2023). Utilization of Livestock Waste as Biochar and Poschar to Increase Soil Organic Matter and Red Chili Yields. *AJARCADE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v7i2.257>
- Souza, C. S. e, Duah, S. A., Pék, Z., Ráth, S., Helyes, L., & Daood, H. (2023). Effect of harvesting time on the vitamin C content and yield of chili pepper. *Acta Agraria Debreceniensis*, 1, Article 1. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/8422>
- Suwarningsih, W., Khotimah, P. H., Rozie, A. F., Arisal, A., Riswantini, D., Nugraheni, E., Munandar, D., & Kirana, R. (2022). Ide-cabe: Chili varieties identification and classification system based leaf. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.11591/eei.v11i1.3276>
- Syukur, M., Maharijaya, A., Nurcholis, W., Ritonga, A. W., Istiqlal, M. R. A., Hakim, A., Sulassih, S., Perdani, A. Y., Pangestu, A. Y., Hatta, A. N. N. L., & Sahid, Z. D. (2023). Biochemical and Yield Component of Hybrid Chili (*Capsicum annuum* L.) Resulting from Full Diallel Crosses. *Horticulturae*, 9(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060620>
- Torres-Bojorques, A. I., Morales-Maza, A., Núñez-Ramirez, F., & Cervantes-Díaz, L. (2017). Utilización de acolchado plástico y aplicación de hierro foliar en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado en malla sombra infectado con virus. *Acta Universitaria*, 27(5), Article 5. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1333>
- United States. Bureau of Chemistry and Soils, United States. Bureau of Plant Industry, United States. Bureau of Soils, United States. Bureau of Plant Industry, S., and Agricultural Engineering, United States. Soil Conservation Service, & United States. Natural Resources Conservation Service. (1998). *Soil Survey*. U.S. Department of Agriculture. <https://books.google.com.pe/books?id=D-jwAAAAMAAJ>
- Villegas-Panduro, P. P., Alarcón-Castillo, T., & Rodríguez-Oré, M. E. (2021). Efecto de diferentes concentraciones de bencilaminopurina en la micropropagación de dos variedades de ajíes nativos (*Capsicum chinense* Jacq.) en Pucallpa. *Folia Amazónica*, 30(1), Article 1. <https://doi.org/10.24841/fa.v30i1.541>

- Wen, Y., Zhuang, L., Wang, H., Hu, T., & Fan, W. (2022). An Automated Hemispherical Scanner for Monitoring the Leaf Area Index of Forest Canopies. *Forests*, *13*(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/f13091355>
- Yance Alvarado, N. F. (2018). Evaluación de seis densidades de siembra, sobre el rendimiento de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) [bachelorThesis, Babahoyo: UTB, 2018]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4140>
- Yap, E. S. P., Uthairatanakij, A., Laohakunjit, N., Jitareerat, P., Vaswani, A., Magana, A. A., Morre, J., & Maier, C. S. (2021). Plant growth and metabolic changes in ‘Super Hot’ chili fruit (*Capsicum annuum*) exposed to supplemental LED lights. *Plant Science*, *305*, 110826. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.110826>
- Yuniati, N., Kusumiyati, K., Mubarak, S., & Nurhadi, B. (2023). Assessment of Biostimulant Derived from Moringa Leaf Extract on Growth, Physiology, Yield, and Quality of Green Chili Pepper. *Sustainability*, *15*(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/su15097113>
- Zamljen, T., Medič, A., Veberič, R., Hudina, M., Jakopič, J., & Slatnar, A. (2022). Metabolic Variation among Fruits of Different Chili Cultivars (*Capsicum spp.*) Using HPLC/MS. *Plants*, *11*(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/plants11010101>

VIII. ANEXOS



Figura 16. Disposición de la parcela experimental (30 m de altura), a los 40 ddt.



Figura 17. Campo experimental a los 60 ddt



Figura 18. Inspección de la parcela por parte de los miembros del jurado de tesis y asesor.



Figura 19. Tercera cosecha de la parcela neta de los tratamientos T₅, T₆, T₇, T₈ y T₁₀.



Figura 20. Tercera cosecha de la parcela neta de los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄ y T₉.



Figura 21. Producción de la quinta cosecha (a), comercialización de la producción (b), codificación para medir características de los frutos de ají (c y d)

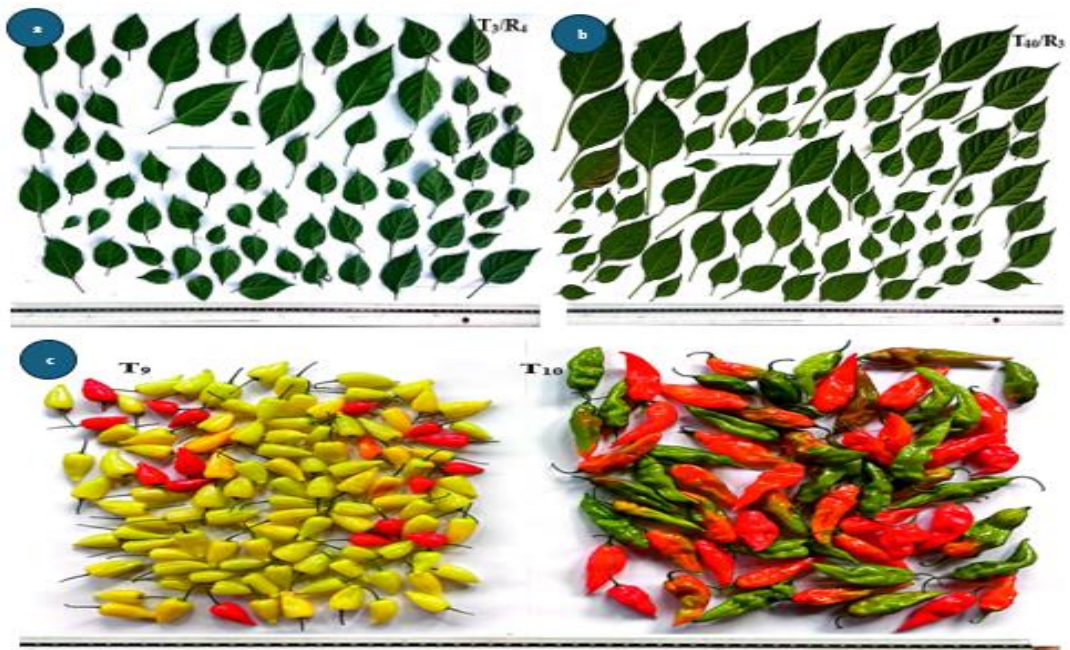


Figura 22. Hojas de ají de mesa(a) y hojas de ají limo (b) para estimar IAF, frutos de ají de mesa y ají limo de T₉ y T₁₀.

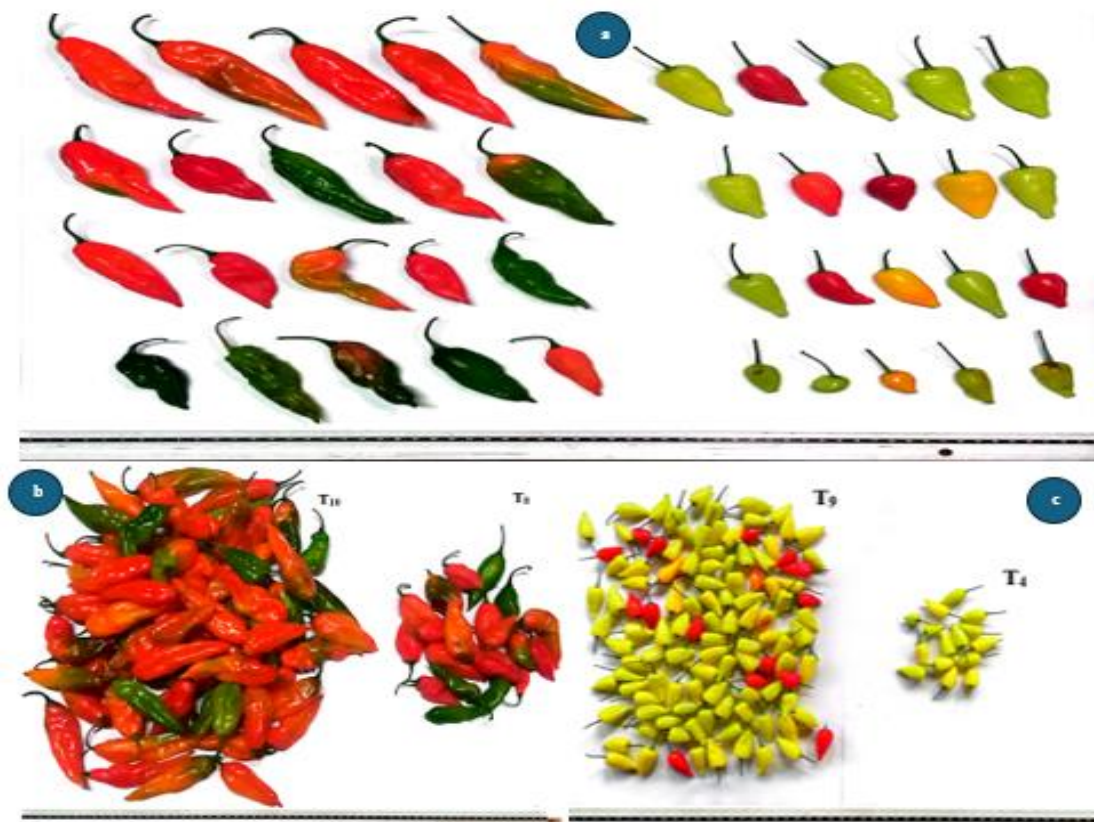


Figura 23. Clasificación de la producción (a), frutos/planta del T₁₀ y T₈ (b), frutos/planta del T₉ y T₄ (c).

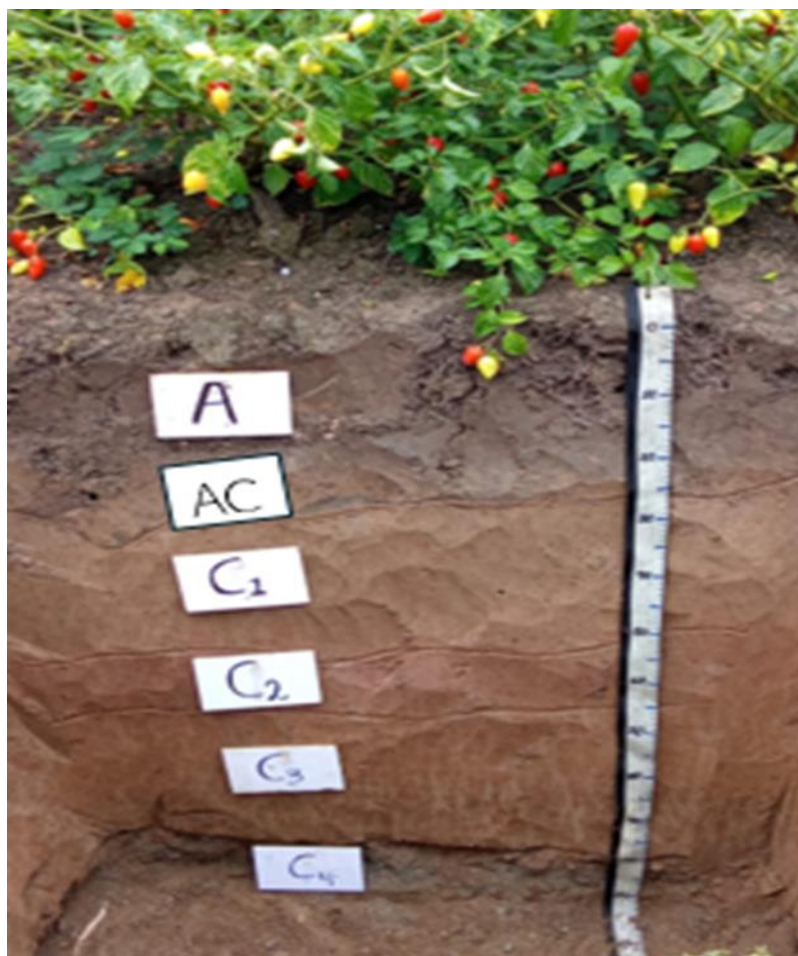


Figura 24. Perfil del suelo.

Tabla 31. Actividades registradas en el estudio de las dos variedades de ají.

Actividades	Variedades	
	Ají de mesa	Ají limo
Preparación del vivero	2/03/2024	2/03/2024
Siembra de las semillas	12/03/2024	12/03/2024
Germinación	20/03/2024	19/03/2024
Trasplante	1/05/2024	30/04/2024
Recalce	7/05/2024	7/05/2024
Máxima floración	31/05/2024	25/05/2024
Máxima fructificación	12/06/2024	6/06/2024
Primera cosecha	3/07/2024	3/07/2024
Segunda cosecha	10/07/2024	11/07/2024
Tercera cosecha	17/07/2024	18/07/2024
Cuarta cosecha	24/07/2024	25/07/2024
Quinta cosecha	31/07/2024	1/08/2024
Sexta cosecha	7/08/2024	8/08/2024
Séptima cosecha	14/08/2024	15/08/2024
Octava cosecha	22/08/2024	23/08/2024

Tabla 32. Datos originales del rendimiento (Kg) en ocho cosechas de los tratamientos en estudio.

Trat.	Plantas evaluadas	Cosecha (Kg)								Total
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
T ₁	24	0,204	9,157	6,058	6,613	7,000	7,267	11,317	5,663	53,279
T ₂	32	0,083	11,367	5,889	8,120	8,041	8,000	8,423	9,515	59,438
T ₃	48	0,111	14,717	10,855	8,609	8,133	6,413	12,375	9,642	70,855
T ₄	88	0,200	7,320	6,803	5,223	2,897	5,887	10,017	6,252	44,599
T ₅	24	1,527	7,807	6,365	5,933	11,333	12,967	9,550	9,813	65,295
T ₆	32	1,369	5,880	6,800	7,957	12,367	10,300	10,560	6,213	61,446
T ₇	48	1,693	4,810	9,212	10,633	12,800	11,050	12,720	8,660	71,579
T ₈	88	0,840	1,307	7,622	12,767	14,433	9,683	18,397	9,190	74,239
T ₉	24	0,324	14,465	5,960	8,725	9,800	9,850	12,065	9,136	70,325
T ₁₀	24	1,330	11,825	3,977	8,650	11,050	12,350	11,085	11,480	71,747

Tabla 33. Datos originales del rendimiento (Kg) de los tratamientos con sus repeticiones.

Trat	Plantas evaluadas/Trat	n° cosechas	Rendimiento (Kg)				Total
			R1	R2	R3	R4	
T ₁	24	8	13,988	11,941	14,009	13,342	53,279
T ₂	32	8	16,568	13,536	15,135	14,200	59,438
T ₃	48	8	20,746	17,502	17,597	15,010	70,855
T ₄	88	8	11,832	10,265	11,619	10,883	44,599
T ₅	24	8	18,504	17,394	14,643	14,754	65,295
T ₆	32	8	13,544	17,500	16,020	14,383	61,446
T ₇	48	8	16,809	21,360	14,203	19,208	71,579
T ₈	88	8	18,410	19,535	18,327	17,966	74,239
T ₉	24	8	17,283	19,089	17,235	16,717	70,325
T ₁₀	24	8	16,051	18,509	17,353	19,834	71,747

Tabla 34. Datos originales de la longitud promedio y diametro ecuatorial de fruto de los tratamientos.

Trat.	F.E.	Longitud del fruto (cm)				Prom.	Diametro ecuatorial del fruto (cm)				Prom.
		R1	R2	R3	R4		R1	R2	R3	R4	
T ₁	320	5,059	5,031	5,035	5,029	5,039	2,437	2,396	2,298	2,396	2,382
T ₂	320	5,159	5,331	5,435	5,249	5,294	2,187	2,196	2,298	2,396	2,269
T ₃	320	5,158	5,301	5,302	5,303	5,266	2,137	2,186	2,291	2,186	2,200
T ₄	320	4,559	5,007	4,815	4,799	4,795	2,437	2,398	2,208	2,396	2,360
T ₅	320	9,136	9,449	9,453	8,078	9,029	2,597	2,696	2,498	2,909	2,675
T ₆	320	9,235	9,403	9,303	9,304	9,311	2,417	2,509	2,698	2,806	2,608
T ₇	320	9,936	9,419	9,957	9,938	9,813	2,537	2,626	2,555	2,786	2,626
T ₈	320	9,732	9,499	9,454	9,693	9,595	2,433	2,592	2,693	2,696	2,604
T ₉	320	4,706	4,681	4,533	4,720	4,660	2,437	2,399	2,298	2,396	2,383
T ₁₀	320	9,236	9,497	9,473	9,178	9,347	2,537	2,496	2,668	2,596	2,574

Tabla 35 Datos originales del total de frutos cosechados por planta y el peso de fruto de los tratamientos en estudio.

Trat.	P.E.	n° cosechas	Frutos/planta (n°)				Prom.	Peso del fruto (g)				Prom.
			R1	R2	R3	R4		R1	R2	R3	R4	
T ₁	24	8	213	207	214	209	211	7,65	8,003	7,9	7,454	7,752
T ₂	32	8	186	187	180	185	185	7,151	7,303	7,245	7,254	7,238
T ₃	48	8	140	138	134	141	138	7,651	7,209	8,045	7,454	7,59
T ₄	88	8	49	46	47	53	49	7,459	7,196	7,049	7,174	7,22
T ₅	24	8	117	113	119	121	118	17,87	17,8	18,1	17,84	17,903
T ₆	32	8	86	87	90	89	88	15,51	15,55	15,54	16,23	15,706
T ₇	48	8	70	69	73	68	70	15,39	15,55	15,48	15,18	15,399
T ₈	88	8	39	40	45	44	42	13,99	13,88	14,17	13,88	13,978
T ₉	24	8	412	408	410	421	413	7,551	8,003	8,045	7,454	7,763
T ₁₀	24	8	215	213	209	218	214	15,39	15,55	15,43	1,507	15,359

Tabla 36. Datos del porcentaje promedio de materia seca, área foliar e índice de área foliar

Trat.	P.E.	Materia seca de la planta (t/ha)					Prom.	Área foliar (m ² /ha)				Prom.	Índice de área foliar (IAF)				Prom.
		R1	R2	R3	R4	R1		R2	R3	R4	R1		R2	R3	R4		
T ₁	4	2,832	2,419	2,537	2,562	2,832	20769,62	16803,25	15187,28	21900,73	18665,22	2,08	1,68	1,52	2,19	1,87	
T ₂	4	4,100	4,023	4,128	3,943	4,100	31385,18	29928,12	16444,26	17185,85	23735,85	3,14	2,99	1,64	1,72	2,37	
T ₃	4	6,175	6,091	5,853	7,207	6,175	29828,01	35548,26	30895,74	31612,18	31971,05	2,98	3,55	3,09	3,16	3,20	
T ₄	4	15,713	15,638	15,591	15,165	15,713	55221,02	71668,47	66029,36	52830,40	61437,31	5,52	7,17	6,60	5,28	6,14	
T ₅	4	4,803	4,963	4,390	5,213	4,803	30343,72	24033,69	23645,85	32439,63	27615,72	3,03	2,40	2,36	3,24	2,76	
T ₆	4	4,472	4,308	5,066	4,467	4,472	31857,86	32951,70	23533,84	31015,49	29839,72	3,19	3,30	2,35	3,10	2,98	
T ₇	4	7,809	7,500	7,869	7,144	7,809	57690,35	58173,01	50842,39	54394,19	55274,99	5,77	5,82	5,08	5,44	5,53	
T ₈	4	10,803	10,181	9,764	9,453	10,803	84992,61	67300,78	80339,80	70971,54	75901,18	8,50	6,73	8,03	7,10	7,59	
T ₉	4	2,902	3,014	3,306	2,945	2,902	24571,45	18910,21	19077,95	18285,29	20211,22	2,46	1,89	1,91	1,83	2,02	
T ₁₀	4	5,207	5,337	5,114	5,527	5,207	24075,17	17662,60	24859,92	19347,47	21486,29	2,41	1,77	2,49	1,93	2,15	

Tabla 37. Datos originales de la altura de planta (cm).

Trat.	P.E.	Altura (cm) a los 10 ddt					Altura (cm) a los 40 ddt					Altura (cm) a los 70 ddt					Altura (cm) a los 120 ddt				
		R1	R2	R3	R4	Prom.	R1	R2	R3	R4	Prom.	R1	R2	R3	R4	Prom.	R1	R2	R3	R4	Prom.
T ₁	24	12,2	12,2	12,2	12,1	12,2	30,9	32,2	30,3	24,1	29,4	58,3	65,4	56,2	50,6	57,6	72,7	79,8	70,6	64,9	72,0
T ₂	32	12,1	11,3	12,3	11,8	11,9	26,3	26,3	26,8	25,3	26,2	59,6	56,3	50,3	56,4	55,7	91,0	87,8	81,7	87,8	87,1
T ₃	48	12,2	11,5	11,7	11,8	11,8	25,4	30,1	26,4	21,0	25,7	58,1	62,8	59,6	51,4	58,0	112,1	116,9	113,6	105,5	112,0
T ₄	88	12,5	11,6	12,1	11,6	11,9	26,2	26,3	26,2	22,6	25,3	57,7	62,9	59,7	52,5	58,2	119,1	124,3	121,1	113,9	119,6
T ₅	24	19,8	20,0	20,6	18,7	19,8	50,9	48,0	48,9	50,9	49,7	86,3	88,2	89,7	85,4	87,4	109,5	111,4	112,9	108,6	110,6
T ₆	32	19,8	20,2	20,3	18,5	19,7	41,4	49,4	43,3	41,9	44,0	82,1	76,3	79,5	78,1	79,0	115,1	109,3	112,5	111,1	112,0
T ₇	48	19,3	19,7	20,5	18,7	19,6	48,1	52,6	48,5	51,3	50,1	90,4	86,3	94,9	81,8	88,4	129,3	125,2	133,8	120,7	127,2
T ₈	88	20,9	20,2	20,3	18,6	20,0	62,0	52,9	40,3	24,4	44,9	98,7	91,1	81,2	67,5	84,6	160,0	152,4	142,5	128,8	145,9
T ₉	24	12,2	12,3	12,8	12,2	12,4	34,0	33,5	33,2	25,2	31,5	59,3	55,0	58,8	52,5	56,4	115,2	110,8	114,7	108,3	112,3
T ₁₀	24	20,3	20,2	20,0	19,0	19,9	43,5	59,5	42,0	44,2	47,3	76,8	96,8	73,2	83,5	82,6	111,1	131,1	107,4	117,8	116,8

Tabla 38. Datos originales del porcentaje promedio de las ramificaciones secundarias.

Trat.	Plantas evaluadas/Trat.	Ramificaciones secundarias (n°)				Promedio
		R1	R2	R3	R4	
T ₁	24	11,56	10,89	9,11	10,22	10,45
T ₂	32	11,50	9,75	8,10	9,75	9,78
T ₃	48	9,94	9,56	9,33	8,72	9,39
T ₄	88	8,67	10,91	8,73	7,82	9,03
T ₅	24	11,78	10,78	9,78	10,56	10,73
T ₆	32	10,01	10,33	8,97	10,25	9,89
T ₇	48	9,93	9,22	9,51	10,61	9,82
T ₈	88	8,63	6,93	8,84	7,69	8,02
T ₉	24	12,33	9,83	9,83	8,66	10,16
T ₁₀	24	10,17	11,17	9,33	10,67	10,34

Tabla 39. Datos originales del promedio del índice de contenido de clorofila.

Trat.	Plantas evaluadas/Trat.	Índice de contenido de clorofila				Promedio
		R1	R2	R3	R4	
T ₁	12	53,9	51,4	55,9	53,0	53,5
T ₂	12	55,2	56,4	53,4	53,0	54,5
T ₃	12	55,4	54,3	56,5	50,4	54,2
T ₄	12	54,5	51,6	54,0	51,2	52,8
T ₅	12	58,2	54,5	55,9	55,0	55,9
T ₆	12	57,4	59,9	53,6	53,4	56,1
T ₇	12	55,2	57,3	52,3	53,5	54,6
T ₈	12	53,6	58,2	58,9	56,6	56,8
T ₉	12	52,1	53,6	53,3	52,4	52,9
T ₁₀	12	52,6	54,2	55,0	56,3	54,5



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE: OJEDA ROMAN CLEIVER BERNARDO
 FECHA DE REPORTE: 4/5/2024
 PROCEDENCIA: COLEGIO AGROPECUARIO NARANJILLO - LUYANDO - LEONCIO PRADO - HUANUCO
 RECIBO N°: 39742
 CULTIVO: AJI

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO								ANÁLISIS QUÍMICO									
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CIC	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio	
			Ao	Arc	Lo			dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio											Magnesio
			CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES			Cmo(+)/kg	%	%	%			
1	S24-0069	C1	41.12	18.75	40.13	Franco	5.32	0.15	2.40	0.120	1.391	7.186	83.154	—	2.733	0.353	0.280	0.147	0.600	0.300	4.413	79.607	20.393	13.595

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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

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



Figura 25. Análisis de caracterización de suelo.

Tabla 40. Descripción del perfil de referencia del campo experimental.

Número del perfil	H/LP/TM -001		A: Franco
Estado o tipo de descripción del perfil	Descripción de perfil de referencia		AC: Franco arenoso
Fecha de descripción	240915	Clase Textural	C ₁ : Franco arcilloso
Autor	Ojeda Roman Cleiver Bernardo		C ₂ : Arcilloso
Ubicación			C ₃ : Arcilloso
Elevación	635 msnm	Estructura del suelo	2C: Arenoso gravoso
Número de hoja de mapa y grilla de referencia	8976320,63 N 390898,52 E		A: Granular
Condiciones atmosféricas del clima y tiempo	25°C promedio, 3600 mm promedio anual, 285mm promedio mensual		AC: Granular
	Condiciones climáticas actuales RA (lluvioso)		C ₁ : Bloque subangular
Regímenes climáticos del suelo	Condiciones climáticas pasadas WC4 (lluvia ligera en la últimas 24 horas)	C ₂ : Bloque subangular	
	Régimen de temperaturas del suelo IH (Isohipertermico)	C ₃ : Bloque subangular	
	Regímenes de humedad del suelo PU (Perudico)	2C: Masivo (no hay estructura)	
		A: Friable	
Pendiente	0,01%	Consistencia del suelo	AC: Muy friable
			C ₁ : Firme
Vegetación natural o cultivos predominante	Plátano, kudzu, brizantha, arvenses		C ₂ : Firme
Clima (precipitación, Temperatura)	Bosque muy húmedo premontano tropical (nublado) y hace 2 horas llovió	pH o reacción del suelo	C ₃ : Firme
Roca madre o Material Madre	Rocas ígneas (intrusiva y extrusiva)		2C: Suelto
Drenaje Natural	Rápido (grado 3)	Carbonatos libres	A: No hay
Permeabilidad	Rápido (grado 3)		AC: No hay
Escorrentía Superficial	Moderada		C ₁ : No hay
Humedad	No visible		C ₂ : No hay
			C ₃ : No hay
			2C: No hay

