

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de dos métodos de fertilización en la germinación y  
crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo  
(*Capsicum baccatum*), en el centro experimental de Huariaca –**

**UNDAC – 2024**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Agrónomo**

**Autores:**

**Bach. Becker Jhoel CALDERON VILLANUEVA**

**Bach. Mario PEREZ ALMERCO**

**Asesor:**

**Dr. Hickey Emilio CORDOVA HERRERA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de dos métodos de fertilización en la germinación y  
crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo  
(*Capsicum baccatum*), en el centro experimental de Huariaca –**

**UNDAC – 2024**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Manuel LLANOS ZEVALLOS**  
**PRESIDENTE**

---

**MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

### **INFORME DE ORIGINALIDAD N° 040-2025/UIFCCAA/V**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por  
**CALDERON VILLANUEVA, Becker Jhoel**  
**PEREZ ALMERCO, Mario**

Escuela de Formación Profesional  
**Agronomía – Pasco**

Tipo de trabajo  
**Tesis**

**Efecto de dos métodos de fertilización en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*), en el centro experimental de Huariaca – UNDAC - 2024**

Asesor  
**Dr. CORDOVA HERRERA, Hickey Emilio**

Índice de similitud  
**2 %**

Calificativo  
**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 03 de agosto de 2025

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN (AUANZADA)</b>	Firmado digitalmente por HUANES TOVAR Luis Antonio FALU 20154605046 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 03.08.2025 22:43:04 -05:00
---	---	---

Firma Digital  
Director UIFCCAA

c.c. Archivo  
LHT/UIFCCAA

## **DEDICATORIA**

Queremos dedicar estas páginas de nuestra tesis a todas las personas que han sido parte fundamental en este viaje de aprendizaje, crecimiento y perseverancia. Sin su apoyo, no habría sido posible llegar hasta aquí.

A nuestros padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios innumerables. Esta tesis es el resultado de nuestro esfuerzo, pero también es su logro. Su confianza en nosotros nos ha impulsado a alcanzar este hito en nuestra educación.

Familiares y amigos; por su comprensión, paciencia y por ser nuestra fuente de ánimo durante todo este proceso. Sus palabras de aliento y su apoyo inquebrantable nos han mantenido enfocados y motivados. Esta tesis también es un poco suya. Gracias por estar a nuestro lado.

Con cariño y gratitud

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis:

1. A nuestros padres, cuyo amor y respaldo inquebrantable han sido nuestro faro en este viaje académico. Gracias por su infinita confianza en nosotros.
2. A nuestros amigos y familiares, por su apoyo emocional y sus ánimos constantes. Sus sonrisas y palabras de aliento nos dieron la fortaleza para superar cada obstáculo.
3. A nuestros docentes, por su orientación, sabiduría y paciencia. Sus conocimientos compartidos y sus valiosas correcciones han enriquecido nuestro trabajo.
4. A todos los colaboradores y profesionales que compartieron sus perspectivas y experiencia. Sus contribuciones han ampliado nuestro horizonte de conocimiento.
5. A nosotros mismos, por la dedicación y el esfuerzo invertidos en este proyecto. Cada desafío superado nos ha hecho más fuertes.
6. A todos los mencionados, y a aquellos cuyos nombres no figuran en estas líneas, les agradecemos profundamente por haber sido parte de este logro. Su influencia ha dejado una huella imborrable en nuestro camino académico.

## RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de dos métodos de fertilización (edáfica y foliar) sobre la germinación y desarrollo vegetativo del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en el Centro Experimental de Huariaca - UNDAC durante el año 2024. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial  $2 \times 2$ , evaluando altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo a los 40, 55 y 85 días después del trasplante. Los resultados mostraron diferencias significativas tanto para el método de fertilización como para el tipo de cultivo. La fertilización edáfica resultó superior a la foliar en todas las variables evaluadas, mientras que el rocoto mostró un desarrollo significativamente mejor que el ají amarillo independientemente del método aplicado. El rocoto bajo fertilización edáfica alcanzó la mayor altura (43.90 cm), y diámetro de tallo (9.87 mm) a los 85 días, mientras que el ají amarillo presentó un desarrollo considerablemente menor y limitada adaptación a las condiciones agroecológicas de la zona, con valores máximos de 28.57 cm de altura y 6.33 mm de diámetro bajo fertilización edáfica. El porcentaje de germinación también fue superior en rocoto (94% con fertilización edáfica). Estos hallazgos sugieren que para zonas con características similares a Huariaca, el cultivo de rocoto con fertilización edáfica representa la alternativa más prometedora, mientras que el ají amarillo requiere consideraciones especiales para su adaptación efectiva.

**Palabras claves:** Fertilización edáfica, Fertilización foliar, adaptación agroecológica, sustrato.

## **ABSTRACT**

This research evaluated the effect of two fertilization methods (soil and foliar) on the germination and vegetative development of rocoto (*Capsicum pubescens*) and yellow pepper (*Capsicum baccatum*) at the Huariaca Experimental Center - UNDAC during the year 2024. A randomized complete block design (RCBD) with a  $2 \times 2$  factorial arrangement was used, evaluating plant height, number of leaves and stem diameter at 40, 55 and 85 days after transplant. The results showed significant differences for both the fertilization method and the type of crop. Soil fertilization was superior to foliar fertilization in all the variables evaluated, while rocoto showed significantly better development than yellow pepper regardless of the method applied. The rocoto pepper under soil fertilization reached the greatest height (43.90 cm) and stem diameter (9.87 mm) at 85 days, while the yellow pepper showed considerably less development and limited adaptation to the agroecological conditions of the area, with maximum values of 28.57 cm in height, 24.00 leaves, and 6.33 mm in diameter under soil fertilization. The germination percentage was also higher for rocoto (94% with soil fertilization). These findings suggest that for areas with characteristics similar to Huariaca, growing rocoto peppers with soil fertilization represents the most promising alternative, while the yellow pepper requires special considerations for effective adaptation.

**Keywords:** Soil fertilization, foliar fertilization, agroecological adaptation, substrate.

## INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Capsicum* constituyen uno de los recursos fitogenéticos de mayor importancia económica, cultural y nutricional en el Perú y América Latina. Particularmente, el rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) representan cultivos emblemáticos de la gastronomía peruana, con creciente demanda tanto en mercados nacionales como internacionales debido a sus propiedades organolépticas, nutricionales y funcionales (Ugás et al., 2021).

La región central andina del Perú presenta condiciones agroecológicas particulares que podrían favorecer la producción sostenible de estos cultivos, contribuyendo así a la diversificación productiva, la seguridad alimentaria y el desarrollo económico local. Sin embargo, la optimización de su producción requiere identificar las prácticas agronómicas más adecuadas para cada especie según las condiciones específicas de cada zona (Condori-López, 2022).

La nutrición vegetal constituye uno de los factores determinantes en el éxito productivo de los cultivos de *Capsicum*. Los ajíes y pimientos son cultivos exigentes en nutrientes, cuya disponibilidad y método de aplicación pueden influir significativamente en su germinación, desarrollo vegetativo y potencial productivo (Villanueva-Mejía & Torres-Calderón, 2023). Entre las alternativas de manejo nutricional, la fertilización edáfica (aplicación al suelo) y foliar (aplicación sobre el follaje) representan los dos métodos principales con diferentes implicaciones en cuanto a eficiencia, costos y sostenibilidad.

La importancia de esta investigación radica en múltiples dimensiones. Desde una perspectiva científica, contribuye a comprender las respuestas ecofisiológicas diferenciales de dos especies importantes de *Capsicum* bajo diferentes regímenes de fertilización en condiciones altoandinas. Esto permite generar conocimiento específico para la zona, considerando que la mayoría de estudios previos se han realizado en condiciones de costa o valles interandinos más bajos.



Desde una perspectiva socioeconómica, la investigación aborda cultivos de alto valor comercial con potencial para dinamizar las economías locales. El rocoto y el ají amarillo han experimentado un incremento sostenido en su demanda, impulsado por el boom gastronómico peruano y la creciente valoración de productos autóctonos en mercados gourmet nacionales e internacionales. Según datos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2023), la producción nacional de ajíes y rocotos ha crecido a una tasa promedio anual de 3.7% durante el último quinquenio, con precios en chacra que han mejorado en aproximadamente 12% en el mismo periodo.

Adicionalmente, desde una perspectiva ambiental, la identificación de métodos de fertilización eficientes puede contribuir a la optimización en el uso de insumos agrícolas, reduciendo potenciales impactos negativos derivados de la sobreaplicación de fertilizantes. Esto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente con el ODS 2 (Hambre Cero) y el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables).

A pesar de esta importancia, existe un vacío de información específica sobre el comportamiento de estas especies bajo diferentes métodos de fertilización en las condiciones particulares del Centro Experimental de Huariaca, ubicado a una altitud aproximada de 2,950 msnm. La literatura científica ha documentado ampliamente que las respuestas de los cultivos a diferentes prácticas agronómicas pueden variar significativamente según las condiciones edafoclimáticas específicas (Rodríguez-Ortega et al., 2022), por lo que resulta fundamental generar información contextualizada.

Investigaciones previas como las de Carhuapoma-Surichachi y Chávez-Reyes (2021) han sugerido diferencias importantes en la adaptabilidad de distintas especies de *Capsicum* a condiciones altoandinas, con ventajas aparentes para *C. pubescens* sobre *C. baccatum*. Sin embargo, estos estudios no han profundizado en la interacción entre especie y método de fertilización, dejando un área de conocimiento por explorar.

En cuanto a métodos de fertilización, Gutiérrez-Mamani y Valderrama-Torres (2022) encontraron respuestas variables a la fertilización foliar versus edáfica en

cultivos hortícolas en la sierra central peruana, dependiendo de las características del suelo, las condiciones ambientales y la especie estudiada. No obstante, estos estudios no incluyeron específicamente al rocoto y ají amarillo, cuyas respuestas podrían diferir de otras hortalizas debido a sus características fisiológicas particulares.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo determinante evaluar el efecto de dos métodos de fertilización (convencional edáfica y foliar) en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en el centro experimental de Huariaca - UNDAC durante el año 2024. Este objetivo busca generar información científica aplicada que permita orientar las prácticas de manejo agronómico más adecuadas para estos cultivos en condiciones similares, contribuyendo así al desarrollo agrícola sostenible en la región central andina del Perú.

La hipótesis de trabajo planteó que existirían diferencias significativas en la respuesta de ambas especies a los diferentes métodos de fertilización, con un comportamiento superior del rocoto debido a su mayor adaptación a condiciones altoandinas, y una mejor respuesta general a la fertilización edáfica por su capacidad de proporcionar nutrientes de manera más constante y sostenida durante el ciclo de desarrollo de los cultivos.

## **ÍNDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRAFICOS

ÍNDICE DE TABLAS

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	3
1.3.	Formulación del problema .....	4
1.3.1.	Problema general.....	4
1.3.2.	Problemas específicos .....	4
1.4.	Formulación de objetivos .....	5
1.4.1.	Objetivo general .....	5
1.4.2.	Objetivos específicos .....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	7

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio.....	9
2.2.	Bases teóricas – científicas .....	12
2.2.1.	La producción de rocoto.....	12
2.2.2.	Morfología botánica .....	13
2.2.3.	Composición nutritiva .....	14

2.2.4.	Fases fenológicas .....	14
2.2.5.	La producción de ají amarillo.....	18
2.2.6.	Composición nutritiva .....	19
2.2.7.	Fases fenológicas .....	19
2.2.8.	Métodos de fertilización. ....	22
2.2.9.	Tipos de sustrato .....	24
2.3.	Definición de términos básicos .....	26
2.4.	Formulación de Hipótesis .....	27
2.4.1.	Hipótesis general.....	27
2.4.2.	Hipótesis específica .....	27
2.5.	Identificación de variables .....	28
2.5.1.	Variables dependientes: .....	28
2.5.2.	Variables independientes: .....	28
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	28

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación.....	29
3.2.	Nivel de investigación.....	29
3.3.	Métodos de investigación .....	29
3.4.	Diseño de investigación.....	30
3.5.	Población y muestra .....	31
3.5.1.	Del tamaño de muestra: .....	32
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	32
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	32
3.8.	Técnicas de Procesamiento y análisis de Datos .....	33
3.9.	Tratamiento estadístico.....	33
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	35

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	37
4.1.1.	Ubicación.....	37
4.1.2.	Descripción de acciones determinante.....	37
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados. ....	41
4.2.1.	Porcentaje de germinación.....	41
4.2.2.	Desarrollo vegetativo hasta los 25 días .....	43
4.2.3.	Desarrollo vegetativo a los 40 días.....	46
4.2.4.	Desarrollo vegetativo a los 55 días. ....	50
4.3.	Prueba de Hipótesis.....	57
4.4.	Discusión de resultados.....	59
4.4.1.	Interpretación de los resultados.....	59
4.4.2.	Discusión de resultados.....	62

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS:

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Diagrama de barras que representa la germinación de semillas a los 25 días. ....	41
<b>Gráfico 2.</b> Diagrama de barras que representa la altura de las plantas a los 25 días. .	43
<b>Gráfico 3.</b> Diagrama con respecto al diámetro de tallos a los 25 días. ....	44
<b>Gráfico 4.</b> Evolución de altura hasta el día 25. ....	45
<b>Gráfico 5.</b> Altura de plantas (cm) a los 40 días.....	47
<b>Gráfico 6.</b> Diámetro de plantas a los 40 días.....	49
<b>Gráfico 7.</b> Altura de plantas a los 55 días.....	50
<b>Gráfico 8.</b> Diámetro de los tallos a los 55 días.....	52
<b>Gráfico 9.</b> Altura de las plantas a los 85 días.....	54
<b>Gráfico 10.</b> Altura de las plantas a los 85 días.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutricional del rocoto.....	14
<b>Tabla 2.</b> Definición operacional de variables. ....	28
<b>Tabla 3.</b> Diseño de los métodos de fertilización. ....	30
<b>Tabla 4.</b> Distribución de tratamientos. ....	31
<b>Tabla 5.</b> Porcentaje de Germinación de semillas .....	41
<b>Tabla 6.</b> Altura de plantas a los 25 días de experimentación. ....	43
<b>Tabla 7.</b> Conteo verdadero de hojas a los 25 días de evaluación. ....	43
<b>Tabla 8.</b> Diámetro de tallo a los 25 días. ....	44
<b>Tabla 9.</b> Evolución de la altura de plantas hasta los 25 días. ....	45
<b>Tabla 10.</b> Incidencia de factores limitantes en la germinación.....	45
<b>Tabla 11.</b> Altura de plantas (cm) a los 40 días.....	46
<b>Tabla 12.</b> Número de hojas a los 40 días.....	48
<b>Tabla 13.</b> Diámetro del tallo (mm) a los 40 días .....	48
<b>Tabla 14.</b> Altura de plantas (cm) a los 55 días.....	50
<b>Tabla 15.</b> A Numero de hojas a los 55 días .....	51
<b>Tabla 16.</b> Diámetro del tallo (mm) a los 55 días .....	52
<b>Tabla 17.</b> Altura de plantas (cm) a los 85 días.....	53
<b>Tabla 18.</b> Numero de hojas a los 85 días.....	55
<b>Tabla 19.</b> Diámetro del tallo (mm) a los 85 días .....	56

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En el Perú, el rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) son cultivos de gran relevancia en la gastronomía y economía nacional. Estos ajíes constituyen un componente fundamental en diversas preparaciones culinarias tradicionales, aportando sabor, color y beneficios nutricionales. Además, su producción y comercialización generan ingresos para los agricultores, contribuyendo al desarrollo socioeconómico de las regiones productoras.

En el distrito de Huariaca, en la región de Pasco, se desconoce un programa de fertilización adecuado que permita optimizar la germinación y el crecimiento de las plantas de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*). Esta situación representa un reto importante para los productores de la zona, ya que la falta de información sobre prácticas de manejo eficientes limita el potencial productivo de estos cultivos.

La problemática se extiende más allá de la sola falta de un programa de fertilización apropiado. Existe también una carencia de datos confiables sobre el desempeño y rendimiento de estos cultivos bajo diferentes condiciones de manejo en el distrito de Huariaca. Los agricultores y extensionistas carecen de



información técnica que les permita tomar decisiones informadas para mejorar los niveles de productividad.

Adicionalmente, se desconoce el grado de adaptación de las variedades de rocoto y ají amarillo a las condiciones agroecológicas específicas de la región. Esta incertidumbre genera dudas entre los productores sobre la conveniencia de continuar con el cultivo de estos ajíes o explorar alternativas que puedan ser más apropiadas para las características del entorno. La falta de información confiable y detallada sobre el desempeño de estos cultivos representa una limitante importante para el desarrollo de la actividad agrícola en la zona.

El presente estudio tiene como objetivos evaluar el efecto de dos métodos de fertilización en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*), en las condiciones agroecológicas del Centro Experimental de Huariaca, perteneciente a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC).

Este estudio permitirá generar información sobre el desempeño y rendimiento de los cultivos de rocoto y ají amarillo bajo dos programas de fertilización en las condiciones del distrito de Huariaca. Esto contribuirá a la toma de decisiones por parte de los agricultores y extensionistas, al brindar recomendaciones para mejorar las prácticas de manejo y alcanzar mayores niveles de productividad.

Además de evaluar el efecto de los métodos de fertilización, este estudio se enfoca en analizar la adaptación de los cultivos de rocoto y ají amarillo a las condiciones agroecológicas del Centro Experimental de Huariaca. Esto permitirá determinar si estas variedades se desempeñan satisfactoriamente en la región y si pueden ser recomendadas para su cultivo en la zona.

Actualmente, se carece de información detallada sobre el desempeño y rendimiento del rocoto y el ají amarillo bajo diferentes programas de fertilización en las condiciones del distrito de Huariaca. Este estudio busca llenar este vacío

de conocimiento, generando datos confiables que puedan ser utilizados por los productores y técnicos de la zona.

Mediante la evaluación de los dos métodos de fertilización, se espera identificar la alternativa más efectiva para potenciar la germinación y el crecimiento de los cultivos de rocoto y ají amarillo en la zona de estudio. Esto permitirá formular recomendaciones técnicas que puedan ser adoptadas por los productores, con el fin de mejorar la eficiencia productiva y la rentabilidad de estos sistemas agrícolas.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental de Huariaca, ubicado en el distrito de Huariaca, provincia de Pasco, región Pasco. Este centro experimental contó con una superficie de 2 hectáreas y disponía de infraestructura adecuada para la implementación y desarrollo de proyectos de investigación agrícola. La selección de este sitio permitió tener un mejor control de las variables ambientales y de manejo, lo cual fue fundamental para asegurar la validez interna de los resultados obtenidos.

El experimento se desarrolló durante el año 2024, lo que permitió completar las fases previstas en el cronograma diseñado para el cultivo de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en un ciclo completo de producción. Se realizó un seguimiento detallado desde la etapa de germinación hasta la cosecha final, lo que permitió analizar el comportamiento de los cultivos en las diferentes fases fenológicas bajo las condiciones de manejo propuestas.

La investigación empleó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 3 repeticiones por tratamiento. Se evaluaron dos métodos de fertilización: uno convencional, basado en fertilizantes inorgánicos, y otro orgánico, utilizando un abono compuesto por estiércol de ovino, gallinaza y residuos vegetales compostados. Para el análisis estadístico de los datos, se

utilizó el software SAS y se aplicaron pruebas de significancia como ANOVA y pruebas de comparación de medias.

El estudio se enmarcó específicamente en la rama de la nutrición y fertilidad de los suelos. Dada la importancia económica y cultural de los cultivos de rocoto y ají amarillo en la región de Pasco, los resultados tuvieron una repercusión positiva en la producción local. Adicionalmente, los hallazgos pudieron ser utilizados como base para futuras investigaciones en el área de mejoramiento genético y adaptación de estos cultivos a las condiciones agroecológicas de la región.

El sustento teórico se basó en la nutrición mineral de las plantas y el manejo integrado de la fertilidad del suelo. Se revisó la literatura científica existente sobre los requerimientos nutricionales de los cultivos de *Capsicum*, los efectos de la fertilización en el crecimiento y desarrollo de estas plantas, y las estrategias de manejo sostenible de la fertilidad edáfica. Además, se consideraron los enfoques agroecológicos que promovieron el uso eficiente de insumos externos y la optimización de los recursos locales para una producción más sustentable.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

- ¿Cómo afectan dos métodos de fertilización a la germinación y crecimiento de los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en el Centro Experimental de Huariaca?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el efecto de los métodos de fertilización en la tasa de germinación, altura de plantas, número de hojas y diámetro de tallos de los cultivos de rocoto y ají amarillo?

- ¿Cuál de los dos métodos de fertilización, resulta más eficiente y sostenible para optimizar la producción de los cultivos de rocoto y ají amarillo en las condiciones agroecológicas del Centro Experimental de Huariaca?
- ¿Cuál de los cultivos (rocoto y ají amarillo) tendrá mejor rendimiento productivo en las condiciones agroecológicas del Centro Experimental de Huariaca?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el efecto de dos métodos de fertilización (convencional y orgánica) en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en el centro experimental de Huariaca - UNDAC durante el año 2024.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de los métodos de fertilización sobre el porcentaje de germinación y el crecimiento (altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo) del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*).
- Determinar el efecto de los métodos de fertilización en la sostenibilidad de los cultivos de rocoto y ají amarillo.
- Comparar el rendimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) bajo los dos métodos de fertilización.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

Los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) son de gran importancia económica y cultural, Perú. Estos son utilizados ampliamente en la gastronomía local y regional, además de tener un gran potencial de mercado. Sin embargo, la productividad de estos cultivos aún

enfrenta diversos desafíos, siendo uno de los principales la adecuada nutrición y fertilidad de los suelos.

En muchas zonas de la región, los agricultores dependen en gran medida del uso de fertilizantes inorgánicos para suplir los requerimientos nutricionales de los cultivos. Si bien esta práctica puede generar incrementos iniciales en la producción, a largo plazo puede conllevar a la degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, afectando su fertilidad natural y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Por otro lado, el empleo de enmiendas orgánicas, como el compostaje de estiércoles y residuos vegetales, ha demostrado ser una alternativa viable para mejorar la fertilidad edáfica, aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes y promover un manejo más sustentable de los recursos naturales. No obstante, aún existe un limitado conocimiento sobre los efectos específicos de la fertilización orgánica en el desempeño agronómico de los cultivos de rocoto y ají amarillo en las condiciones agroecológicas de la región.

En este contexto, la presente investigación busca generar información científica relevante que permita comparar el efecto de un método de fertilización convencional, basado en fertilizantes inorgánicos, y un método de fertilización orgánica, utilizando un abono compuesto, sobre la germinación, crecimiento y rendimiento de los cultivos de rocoto y ají amarillo en el Centro Experimental de Huariaca de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Desde una perspectiva académica, este proyecto contribuirá a fortalecer las capacidades de investigación y extensión de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a través de la participación activa de estudiantes y docentes en el desarrollo de la investigación. Además, los hallazgos obtenidos serán difundidos en publicaciones científicas y eventos académicos, lo que permitirá ampliar el conocimiento existente sobre el manejo sostenible de la fertilidad del suelo en sistemas de producción de cultivos de *Capsicum*.

En resumen, la ejecución de este proyecto de investigación es fundamental para contribuir al desarrollo agrícola y la sostenibilidad de los sistemas productivos de rocoto y ají amarillo en la región de Pasco, a través de la generación de información científica que permita optimizar las prácticas de fertilización y, de esta manera, mejorar la productividad y rentabilidad de estos cultivos de gran importancia económica y cultural.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Una de las principales limitaciones de este proyecto puede estar relacionada con la disponibilidad de recursos económicos y logísticos. La implementación de la investigación, que involucra el establecimiento de parcelas experimentales, análisis de laboratorio, monitoreo de variables agronómicas, entre otros, requiere de una inversión considerable en términos de insumos, equipos, mano de obra y transporte. Dependiendo de los fondos y presupuesto asignados al proyecto, estas actividades podrían verse limitadas o restringidas.

Otra limitación potencial está asociada a la variabilidad climática y edáfica que puede presentarse durante el desarrollo del proyecto. Las condiciones ambientales, como precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, entre otros, pueden fluctuar de manera impredecible a lo largo del ciclo de los cultivos, lo que podría afectar el crecimiento y el desempeño de las plantas. Asimismo, la heterogeneidad de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el Centro Experimental de Huariaca puede introducir variaciones en la respuesta de los cultivos a los tratamientos de fertilización.

Además, el proyecto puede enfrentar limitaciones en cuanto a la disponibilidad y acceso a los insumos requeridos para la fertilización orgánica. La obtención de cantidades suficientes de abono compuesto, así como su transporte y aplicación oportuna, pueden representar un desafío logístico y operativo durante la ejecución del estudio.

Otro aspecto a considerar es la posible incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos durante el desarrollo del proyecto.

Adicionalmente, la limitación de tiempo puede ser una restricción importante para este proyecto. La investigación debe llevarse a cabo en un periodo determinado, lo cual podría dificultar la recolección y el análisis exhaustivo de todos los datos necesarios para una evaluación completa de los efectos de los métodos de fertilización en los cultivos de rocoto y ají amarillo.

Finalmente, la capacidad instalada y el nivel de experiencia del equipo de investigadores y técnicos encargados del proyecto también pueden representar una limitación en términos de la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos, así como de la interpretación y extrapolación de los resultados.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Rehermann (2000) señala que la incorporación de materiales orgánicos, mezclados con el suelo para elaborar los diferentes sustratos, permitió la obtención de buenos plantines en comparación con el testigo. Dicha adición mejoró las características químicas del suelo (principalmente la disponibilidad de fósforo).

Cruz-Crespo et al. (2013) afirman que existen diversos materiales empleados como sustratos, tanto orgánicos como inorgánicos, que pueden utilizarse como medios de crecimiento para el cultivo de plantas, y cuyas características pueden variar según la región. El uso de estos materiales presenta diversas ventajas. No se trata simplemente de tomar un material y colocarlo en un contenedor, sino que requiere de una secuencia sistemática de análisis, priorizando los aspectos físicos, químicos y ambientales. En general, para decidir sobre el uso de un material como sustrato, se deben evaluar factores como el costo, la disponibilidad, el impacto ambiental y el grado en que las propiedades físicas, químicas y biológicas se ajustan a las características ideales requeridas para el establecimiento y desarrollo óptimo del cultivo de interés.



Díaz (2004) menciona que antes de utilizar un sustrato en explotaciones comerciales, es fundamental tener un conocimiento exhaustivo de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, ya que esto determina el éxito o fracaso en la producción eficiente de las partes comercializables de un cultivo hortícola. Además, el costo del sustrato es un factor igualmente importante a considerar. Si bien un sustrato más económico puede no poseer inicialmente las mismas propiedades físicas, químicas y biológicas deseables que uno más costoso, es posible realizar los ajustes necesarios a través de prácticas de manejo cuidadosas. De esta manera, se puede optimizar la relación costo-beneficio, permitiendo el uso de un sustrato más asequible sin comprometer la calidad o el rendimiento del cultivo.

Sacramento y Panduro (2019) realizaron un estudio con el objetivo de comparar cuatro sustratos (humus de lombriz, sustrato importado, sustrato preparado con tierra agrícola y arena, y turba) en la producción de plantines de rocoto (*Capsicum pubescens*) en condiciones de invernadero en el distrito de Paucartambo, Pasco. Utilizaron un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Evaluaron variables como altura de planta, diámetro de tallo, calidad del medio de cultivo y costos de producción. Los resultados demostraron que el sustrato importado presentó la mayor altura de planta (19.288 cm) y diámetro de tallo (3.455 mm) en comparación con los demás sustratos. Además, este sustrato obtuvo la mejor calidad del medio de cultivo y los menores costos de producción. En conclusión, los investigadores determinaron que el sustrato importado es el más adecuado para la producción de plantines de rocoto en condiciones de invernadero en la zona de estudio.

Huacachino (2023) realizó un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de cuatro bioestimulantes orgánicos (Aktimax, Ergofix M, Super Húmico y Root-Hor) en dos variedades de rocoto (Criollo de Oxapampa y Pucallpino) en el distrito de Colpas, provincia de Ambo, región Huánuco. Los

resultados mostraron que la variedad Criollo de Oxapampa con la aplicación del bioestimulante Root-Hor presentó un mejor desempeño agronómico, con mayor tamaño de planta, diámetro y longitud de frutos, número de frutos por planta, peso de frutos por planta y rendimiento por hectárea. Los investigadores recomiendan el uso de la variedad Criollo de Oxapampa con la aplicación del bioestimulante Root-Hor, así como la adición de otras fuentes orgánicas de nutrientes como el compost y Bokashi para mejorar las condiciones físicas y microbiológicas del suelo.

Pérez y Sánchez (2020) desarrollaron un trabajo de investigación que tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes orgánicos en el rendimiento y calidad de frutos de pimentón en condiciones de campo. Se realizó un experimento en campo utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (bioestimulantes orgánicos) y cuatro repeticiones. Se evaluaron variables como altura de planta, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, rendimiento por hectárea y calidad de frutos. Los tratamientos con aplicación de bioestimulantes orgánicos mostraron un aumento significativo en el rendimiento y calidad de los frutos de pimentón en comparación con el tratamiento control. El bioestimulante a base de extractos de algas marinas presentó los mejores resultados en las variables evaluadas. Los investigadores concluyen que la aplicación de bioestimulantes orgánicos es una alternativa efectiva para mejorar el rendimiento y calidad de frutos en el cultivo de pimentón, lo que se traduce en beneficios económicos para los productores.

Fernández et al (2018) utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial, evaluando tres cultivares de tomate y tres bioestimulantes orgánicos. Se midieron variables como altura de planta, número de hojas, área foliar, número de frutos por planta, peso de frutos y rendimiento por planta. Los cultivares de tomate mostraron respuestas diferentes a la aplicación de los bioestimulantes orgánicos. El cultivar 'Marglobe' presentó la

mejor respuesta, con un aumento significativo en variables como número de frutos por planta, peso de frutos y rendimiento por planta cuando se aplicó el bioestimulante a base de extractos de algas. La aplicación de bioestimulantes orgánicos puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate, pero la respuesta depende del cultivar utilizado y del tipo de bioestimulante aplicado.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. La producción de rocoto**

Bernal et al (2017) El género *Capsicum*, con sus 25 especies, nació en las cálidas regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área Bolivia-Perú. Desde allí, este fruto picante conquistó toda América y, con la llegada de los colonizadores, emprendió un nuevo viaje por el mundo, adaptándose a diferentes climas y culturas. Hoy en día, el ají, proveniente principalmente de la especie *Capsicum annum*, es un protagonista indispensable en la gastronomía de diversas regiones, aportando un toque único y distintivo a cada plato. Más allá de su sabor, posee propiedades medicinales que han sido valoradas desde tiempos ancestrales. El ají es un símbolo de la historia, la cultura y la tradición de América, un legado de sabores y aromas que ha enriquecido la gastronomía del mundo.

Según Pérez (2002), la descripción taxonómica del rocoto es la siguiente:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Sub clase	:	Asteridae
Orden	:	Solanales
Familia	:	Solanaceae
Género	:	<i>Capsicum</i>
Especie	:	<i>Capsicum pubescens</i>
Nombre Común	:	Rocoto
Sinónimos	:	Manzano, siete caldos

### 2.2.2. Morfología botánica

Díaz (2004) mención lo siguiente:

- a. **Tipo:** Es un semiarbusto de porte variable, puede alcanzar alturas que van desde los 60 centímetros hasta los 1.50 metros. Esta variabilidad en su tamaño depende principalmente de la variedad que se cultive, las condiciones climáticas en las que se encuentre y los cuidados que reciba
- b. **Semilla:** Justo en el centro del fruto, se encuentra la semilla, un pequeño tesoro de vida. Es de color blanco crema, aplanada, lisa y con forma de riñón, con un diámetro que oscila entre los 2.5 y 3.5 milímetros. Esta minúscula semilla alberga una gran promesa: la posibilidad de dar vida a una nueva generación de ajiceros.
- c. **Raíz:** Pivotante, desarrolla un sistema radicular lateral, demasiado ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 m.
- d. **Tallo:** presentan una disposición dicotómica o pseudo dicotómica, lo que significa que se dividen en dos partes, una más gruesa que la otra. Esta peculiaridad en la unión de las ramificaciones las hace un poco frágiles, propensas a romperse con facilidad. Sin embargo, este tipo de ramificación también le otorga a la planta una forma umbelífera, similar a una sombrilla, creando una estructura simétrica y estéticamente agradable.
- e. **Hojas:** Hojas simples, Alternas, pequeñas, con limbo oval lanceolado.
- f. **Flores:** De simetría radial, que presentan tanto órganos masculinos como femeninos en su interior. Estas flores, hermafroditas por naturaleza, exhiben un cáliz compuesto por 6 sépalos y una corola de 6 pétalos, tiñéndose de un delicado blanco verduzco o blanco amarillento.
- g. **Fruto:** Se trata de una baya con dos a cuatro lóbulos, cada uno con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, que es la parte que aprovechamos para su consumo. Su forma puede variar, adoptando figuras globosas, rectangulares, cónicas o redondas, brindando una gran diversidad

de opciones visuales. En cuanto a su tamaño, también existe una amplia gama, desde frutos alargados hasta redondeados, con dimensiones que varían según la variedad.

### 2.2.3. Composición nutritiva

Según Lozada (2009), las especies de este género se le atribue los siguientes valores:

**Tabla 1.** Composición nutricional del rocoto

Por 100 g de peso neto	Mínimo	Máximo
Agua	20.70 g	93.10 g
Hidratos de carbono	5.30 g	63.68 g
Proteínas	0.80 g	6.70 g
Extracto etéreo	0.30 g	0.80 g
Fibra	1.40 g	23.20 g
Cenizas	0.60 g	7.10 g
Calcio	7.00 mg	116.00 mg
Fósforo	31.00 mg	200.00 mg
Hierro	1.30 mg	15.10 mg
Caroteno	0.03 mg	25.20 mg
Tiamina	0.03 mg	1.09 mg
Riboflavina	0.07 mg	1.73 mg
Niacina	0.75 mg	3.30 mg
Acido ascorbico	14.40 mg	157.50 mg
Calorias	23.00 mg	233.00 mg
Capsicina	150.00 mg	335 mg / 10 g de peso

Fuente: Lozada, C. 2 009.

### 2.2.4. Fases fenológicas

Misti (2015), menciona lo siguiente:

Tras la siembra, la semilla germina y comienza un período de preemergencia que oscila entre 8 y 12 días. La rapidez de este proceso depende de la temperatura, siendo más veloz en climas cálidos.

En esta etapa crucial, la semilla germina y emerge primero una raíz pivotante, como un ancla que la sujeta al suelo y busca agua y nutrientes. Luego, emergen las hojas cotiledonales, las primeras hojas del ajicero, que inician la fotosíntesis y proporcionan energía a la planta.

Sin embargo, el crecimiento de la parte aérea es lento en comparación con el desarrollo de la raíz pivotante. Esta etapa es particularmente vulnerable, ya que cualquier daño, por mínimo que sea, puede tener consecuencias letales para la plántula. De hecho, es en este período cuando se registra la mayor tasa de mortalidad (Estrada et al, 2018)

#### **a. Crecimiento de la plántula**

Tras el brote de las hojas cotiledonales, el ajicero da un paso importante hacia su madurez: el desarrollo de las hojas verdaderas. Estas hojas, alternas y de menor tamaño que las cotiledonales, son las que caracterizarán a la planta en su etapa adulta.

Fernandez et al (2018) En esta fase, el crecimiento de la parte aérea se desarrolla a un ritmo más lento, mientras la planta concentra sus energías en fortalecer su sistema radicular. La raíz pivotante se alarga y profundiza, anclando firmemente al ajicero al suelo y buscando agua y nutrientes en las capas más profundas. A la vez, comienzan a surgir algunas raíces secundarias laterales, ampliando la red de absorción de la planta.

Si bien la tolerancia a los daños aumenta en comparación con la etapa anterior, el ajicero sigue siendo una planta susceptible, por lo que es importante brindarle cuidados y protección durante este período de crecimiento.

#### **b. Crecimiento vegetativo rápido**

Lozada(2009) El tallo principal, como un bailarín experimentado, se bifurca (9-12 Hojas), dando lugar a dos ramas principales. Estas ramas, a su

vez, se subramifican a medida que la planta crece, creando una estructura simétrica y elegante.

En la punta de cada rama, surge un brote que culmina en una flor o un botón floral, marcando el inicio de la fructificación. Pero el ajicero no se detiene ahí. Una vez que se produce un número específico de órganos florales, el crecimiento vegetativo se reinicia, extendiendo el período de floración y fructificación. Este ciclo se repite a lo largo del período de crecimiento, convirtiendo al ajicero en un espectáculo de ramas, hojas y flores que culmina en la cosecha de sus preciados frutos.(Perez & Sanchez, 2019)

### **c. Floración y fructificación**

Parra et al (2019) El ajicero se viste de gala con la llegada de la floración. Abundantes flores terminales brotan en la mayoría de sus ramas, creando un espectáculo de colores y aromas que atrae a los polinizadores. Aunque, debido a la peculiar ramificación de la planta, estas flores parecen estar producidas en pares en las axilas de las hojas superiores.

Pero la fiesta no termina ahí. Cuando los primeros frutos comienzan a madurar, cual jugosos rubíes en miniatura, la planta inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y producción de flores. Es como si el ajicero quisiera extender la celebración lo más posible.

#### **- Exigencias climáticas.**

Según Sierra Exportadora (2012), El rocoto, ese pequeño guerrero picante, florece bajo el sol cálido, con temperaturas ideales entre 20 y 29°C y altitudes de 300 a 600 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, este guerrero también demuestra una notable adaptabilidad, pues puede prosperar incluso en condiciones más extremas, con temperaturas de hasta 40°C y altitudes que van desde los 60 hasta los 1.600 metros sobre el nivel del mar.

Aunque prefiere un clima seco, con precipitaciones mínimas para evitar enfermedades como la peca bacteriana, el rocoto se muestra resistente a la lluvia, soportando precipitaciones de hasta 1.200 mm durante su temporada de producción. (Sánchez et al 2021)

- **Exigencias edáficas y fertilización.**

Según Sierra Exportadora (2012), El cultivo de rocoto no es exigente en cuanto a su suelo. Prefiere los suelos francos, pero se adapta con estoicismo a terrenos pesados o arenosos. Incluso en suelos extremos, como los arcillosos o arenosos, este guerrero picante prospera, aunque requiere un poco más de atención y cuidado.

Sardón (2015) Si no se incorporó materia orgánica a la preparación del terreno, el rocoto nos pide un poco de ayuda. Mezclados con los fertilizantes, debemos incorporar entre las plantas 5 toneladas por hectárea de materia orgánica para que nuestro guerrero tenga la fuerza que necesita.

En cuanto a los fertilizantes químicos, la cantidad dependerá del análisis del suelo. Para comenzar, se recomienda aplicar un primer abonamiento con un fertilizante compuesto de N-P-K-Ca-Mg en una dosis de 120-150-100-100-100 kg/ha.

1ra: A los 15 días del trasplante.

2da: A los 30 días

3ra: A los 45 días en formación de ramas

4ta: A los 60 días en desarrollo de fruto.

- **Cosecha.**

Según Sierra Exportadora (2012); la cosecha semanal es fundamental para mantener la planta saludable y prolongar su ciclo de producción. Si dejamos pasar más días entre cosechas, la floración y el crecimiento del rocoto se ralentizan, lo que alarga innecesariamente el



tiempo que tarda en darnos sus preciados frutos. Además, una cosecha poco frecuente aumenta el riesgo de que los rocotos se agrieten o rayen, lo que los hace más susceptibles a enfermedades como la Erwinia.

La Erwinia es un enemigo formidable para el rocoto, y las rajaduras en la piel del fruto, producto natural de su maduración, le abren las puertas a esta bacteria. Estas "rayas", como cicatrices de batalla, permiten que la Erwinia ingrese fácilmente, causando daños considerables a la cosecha.

Por lo tanto, la cosecha semanal bien realizada es una armadura esencial para proteger al rocoto de la Erwinia. Al cosechar con frecuencia, evitamos que los frutos se agrieten y minimizamos las posibilidades de que esta enfermedad ataque nuestro cultivo.(Rehermann, 2000)

#### **2.2.5. La producción de ají amarillo.**

El ají amarillo (*Capsicum baccatum*) es una hortaliza de gran importancia económica y cultural en países como Perú, donde se le conoce como uno de los ingredientes principales de la gastronomía local (Sánchez-Chávez et al., 2021). A nivel mundial, el ají amarillo se cultiva principalmente en países de América Latina y su producción se ha ido incrementando en los últimos años debido a la creciente demanda tanto del mercado nacional como internacional (FAO, 2020).

##### **a. Descripción taxonómica**

El ají amarillo pertenece a la familia Solanaceae, género *Capsicum* y especie *Capsicum baccatum*. Es una planta herbácea, anual o perenne, que puede alcanzar hasta 1,5 metros de altura (Bosland & Votava, 2012). Sus hojas son simples, enteras, de color verde oscuro y pueden medir entre 5 a 12 cm de longitud. Las flores son solitarias, de color blanco y sus frutos son bayas de forma variable, generalmente cónicas, que miden entre 6 a 12 cm

de longitud y presentan un color amarillo intenso cuando maduran (Estrada et al., 2018).

**b. Morfología botánica**

La raíz del ají amarillo es pivotante y puede llegar a profundizar hasta 60 cm en el suelo. El tallo es erecto, ramificado, de sección cuadrangular y de color verde. Las hojas son simples, enteras, de forma lanceolada, con el ápice agudo y el borde entero. Las flores son solitarias, de color blanco, con cáliz y corola de 5 sépalos y 5 pétalos, respectivamente. Los frutos son bayas de forma variable, generalmente cónicas, de color amarillo intenso cuando maduros (Bosland & Votava, 2012; Estrada et al., 2018).

**2.2.6. Composición nutritiva**

El ají amarillo es una fuente importante de vitaminas y minerales. Contiene altas concentraciones de vitamina C, provitamina A (carotenoides), vitaminas B6 y E, así como minerales como potasio, fósforo, magnesio y hierro (USDA, 2019). Además, posee compuestos bioactivos como capsaicinoides y flavonoides, los cuales le confieren propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Sánchez-Chávez et al., 2021).

**2.2.7. Fases fenológicas**

El cultivo del ají amarillo presenta las siguientes fases fenológicas: germinación, desarrollo vegetativo, floración, fructificación y maduración. La germinación ocurre entre los 8 y 12 días después de la siembra. La floración se inicia a los 45-60 días después del trasplante, mientras que la fructificación y maduración de los frutos se dan entre los 90 y 120 días después del trasplante (Estrada et al., 2018; Sánchez-Chávez et al., 2021).

- a. **Germinación:** La germinación de las semillas de ají amarillo ocurre entre los 8 y 12 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones ambientales (Estrada et al., 2018). Durante esta fase, la semilla absorbe

agua, se hincha y emerge la radícula, dando lugar a la plántula (Bosland & Votava, 2012).

- b. **Desarrollo vegetativo:** Después de la germinación, la plántula inicia su crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos (raíz, tallo y hojas) (Sánchez-Chávez et al., 2021). Esta fase se caracteriza por un rápido crecimiento de la planta, con la formación de hojas, ramas y el aumento progresivo de la biomasa (Estrada et al., 2018). La duración de esta fase depende de las condiciones climáticas, el manejo agronómico y el cultivar, pero generalmente se extiende desde los 12 hasta los 45-60 días después del trasplante (Bosland & Votava, 2012).
- c. **Floración:** La floración en el ají amarillo se inicia entre los 45 y 60 días después del trasplante (Sánchez-Chávez et al., 2021). Durante esta fase, la planta produce flores solitarias de color blanco, con cáliz y corola de 5 sépalos y 5 pétalos, respectivamente (Estrada et al., 2018). La floración es un proceso importante, ya que de ella depende la formación y desarrollo posterior de los frutos (Bosland & Votava, 2012).
- d. **Fructificación:** La fructificación se inicia entre los 60 y 90 días después del trasplante, una vez que las flores han sido polinizadas y fecundadas (Estrada et al., 2018).  
  
En esta fase, se produce el desarrollo y crecimiento de los frutos, que son bayas de forma variable, generalmente cónicas, de color amarillo intenso cuando alcanzan la madurez (Sánchez-Chávez et al., 2021). La duración de esta fase depende de las condiciones climáticas y del cultivar, pero suele extenderse entre los 30 y 45 días (Bosland & Votava, 2012).
- e. **Maduración:** La maduración de los frutos de ají amarillo ocurre entre los 90 y 120 días después del trasplante (Sánchez-Chávez et al., 2021). Durante esta fase, los frutos alcanzan su tamaño, color y características organolépticas finales, estando listos para su cosecha (Estrada et al., 2018).

La maduración está influenciada por factores climáticos, como la temperatura y la radiación solar, y por el manejo agronómico del cultivo (Bosland & Votava, 2012).

- f. **Exigencias climáticas:** El ají amarillo se adapta a climas cálidos y tropicales, con temperaturas óptimas entre 18 y 30°C. Requiere una humedad relativa entre 60 y 80% y una precipitación anual de 500 a 1000 mm. Es sensible a las heladas y prefiere suelos bien drenados y con buen contenido de materia orgánica (Bosland & Votava, 2012; FAO, 2020).
- g. **Fertilización:** El ají amarillo es un cultivo que responde bien a la fertilización, principalmente con nitrógeno, fósforo y potasio. Se recomienda aplicar entre 80-120 kg/ha de nitrógeno, 60-80 kg/ha de fósforo y 80-100 kg/ha de potasio. Además, es importante considerar la aplicación de abonos orgánicos y micronutrientes como boro, zinc y calcio (Estrada et al., 2018; Sánchez-Chávez et al., 2021).
- h. **Exigencias edáficas:** El ají amarillo se desarrolla mejor en suelos francos, profundos, bien drenados y con un pH ligeramente ácido (6,0-6,8). Requiere suelos con un buen contenido de materia orgánica (3-5%) y una adecuada fertilidad. Evita los suelos pesados, arcillosos o con problemas de salinidad (Bosland & Votava, 2012; FAO, 2020).
- i. **Cosecha:** La cosecha del ají amarillo se realiza cuando los frutos alcanzan su madurez fisiológica, generalmente entre los 90 y 120 días después del trasplante. Los frutos se cosechan manualmente, en forma individual o en racimos, cuando presentan un color amarillo intenso. El rendimiento promedio varía entre 10 y 20 t/ha, dependiendo de las condiciones de cultivo (Estrada et al., 2018; Sánchez-Chávez et al., 2021).

### **2.2.8. Métodos de fertilización.**

#### **a. Fertilización edáfica:**

La fertilización edáfica consiste en la aplicación de nutrientes directamente al suelo con el objetivo de que sean absorbidos por las raíces de la planta. En el caso del cultivo o, los principales nutrientes aplicados por esta vía son los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), los cuales son requeridos en mayores cantidades por este cultivo. La dosis y el momento de aplicación de los fertilizantes edáficos deben determinarse considerando los requerimientos nutricionales del cultivo, las características del suelo y las condiciones climáticas. Algunos ejemplos de fertilizantes edáficos utilizados en el ají amarillo son la urea, el superfosfato triple y el cloruro de potasio.

La fertilización edáfica permite abastecer a la planta con los nutrientes necesarios a lo largo de su ciclo de cultivo. Este método de fertilización es fundamental para asegurar un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo, así como para obtener altos rendimientos y una buena calidad de los frutos. Sin embargo, es importante considerar que la efectividad de la fertilización edáfica depende de factores como la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, las interacciones entre los elementos y las condiciones ambientales.

#### **b. Fertilización foliar:**

La fertilización foliar consiste en la aplicación de nutrientes disueltos en agua directamente sobre las hojas de la planta. Esta técnica permite corregir deficiencias nutricionales puntuales y complementar la fertilización edáfica en el cultivo de ají amarillo. Entre los nutrientes más aplicados por vía foliar en este cultivo se

encuentran el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y los micronutrientes.

La fertilización foliar en los cultivos de ajíes tiene como objetivo aportar los nutrientes de manera rápida y eficiente, ya que estos pueden ser absorbidos directamente por las hojas. Esto resulta particularmente útil cuando el cultivo presenta alguna deficiencia o cuando las condiciones ambientales afectan la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La frecuencia y concentración de las aplicaciones foliares deben ajustarse de acuerdo a las necesidades del cultivo y a las condiciones climáticas.

La fertilización foliar representa una estrategia complementaria a la fertilización edáfica, permitiendo un suministro más balanceado y eficiente de los nutrientes requeridos por la planta a lo largo de su ciclo de cultivo. La combinación de ambos métodos de fertilización puede mejorar significativamente el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los frutos.

**c. Fertilización combinada:**

La fertilización combinada en el cultivo implica la aplicación de nutrientes tanto al suelo (fertilización edáfica) como a las hojas (fertilización foliar). Esta estrategia permite un suministro más equilibrado y eficiente de los nutrientes requeridos por la planta a lo largo de su ciclo de desarrollo.

La fertilización combinada busca aprovechar las ventajas de ambos métodos de fertilización. Por un lado, la fertilización edáfica asegura el abastecimiento de nutrientes a las raíces de la planta, mientras que la fertilización foliar permite corregir deficiencias puntuales y complementar la nutrición del cultivo. De esta manera, se logra un suministro balanceado de los elementos esenciales, lo que

contribuye a mejorar el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los frutos.

La implementación de la fertilización combinada en el cultivo requiere un cuidadoso manejo y monitoreo del estado nutricional de la planta. Es necesario realizar análisis de suelo y foliares para determinar las necesidades específicas del cultivo y ajustar las dosis y momentos de aplicación de los fertilizantes edáficos y foliares. De esta manera, se maximiza la eficiencia en el uso de los nutrientes y se evitan posibles desequilibrios o toxicidades que puedan afectar el desarrollo y la productividad.

#### **2.2.9. Tipos de sustrato**

##### **a. Compost**

El compost es un material orgánico obtenido a partir de la descomposición controlada de residuos vegetales y/o animales. Este sustrato es ampliamente utilizado en el cultivo de ají amarillo debido a sus múltiples beneficios. Además, el compost posee un alto contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales para el desarrollo del cultivo, como nitrógeno, fósforo y potasio (Sánchez-Monedero et al., 2019).

La incorporación de compost en el sustrato de ají amarillo mejora la fertilidad del suelo y favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas (Bernal et al., 2017). Asimismo, el compost ayuda a mantener una adecuada humedad y porosidad del sustrato, lo que facilita la aireación y el drenaje, factores cruciales para un buen establecimiento y producción del cultivo (Brito et al., 2020).

##### **b. Humus:**

El humus de lombriz, también conocido como vermicompost, es un sustrato orgánico producido a partir de la descomposición de

residuos orgánicos por la acción de lombrices de tierra. Este material se caracteriza por su alto contenido de nutrientes, materia orgánica y una estructura granular que mejora la aireación y retención de humedad del suelo (Domínguez et al., 2019). En el cultivo de ají amarillo, el humus de lombriz se utiliza como enmienda orgánica, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato.

La incorporación de humus de lombriz en el sustrato para ají amarillo favorece el desarrollo radicular, la absorción de nutrientes y el crecimiento general de las plantas (Castillo-Díaz et al., 2018). Además, el humus aporta microorganismos benéficos que estimulan la actividad biológica del suelo, lo que se traduce en una mayor disponibilidad de nutrientes para el ají amarillo (Domínguez et al., 2021).

c. **Tierra negra**

La tierra negra, también conocida como suelo orgánico, es un sustrato natural formado por la acumulación de materia orgánica en descomposición. Este tipo de suelo se caracteriza por su alto contenido de nutrientes, su estructura granular y su capacidad de retención de humedad (Parra-Quezada et al., 2019). En el cultivo de ají amarillo, la tierra negra se utiliza como base para la preparación de sustratos, aportando una alta fertilidad y un adecuado soporte para el desarrollo de las plantas.

La incorporación de tierra negra en el sustrato para ají amarillo mejora la estructura del suelo, facilitando la penetración y el crecimiento de las raíces (Sánchez-Monedero et al., 2018). Además, la tierra negra aporta una gran variedad de nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio, esenciales para el crecimiento y producción del cultivo (Parra-Quezada et al., 2019). De esta manera,



la tierra negra se convierte en un componente fundamental para la formulación de sustratos de alta calidad en el cultivo de ají amarillo.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Rocoto (*Capsicum pubescens*):** El rocoto es una variedad de chile originaria de los Andes sudamericanos, conocida por su sabor picante y distintivo. Es una planta perenne que puede alcanzar hasta 1.5 metros de altura, con hojas ovaladas y flores blancas. Sus frutos, de forma acorazonada, presentan una coloración roja o púrpura cuando maduran.
- **Ají amarillo (*Capsicum baccatum*):** El ají amarillo es una variedad de chile oriunda de la región andina, apreciada por su intenso sabor y aroma. Es un arbusto que puede alcanzar hasta 1.2 metros de altura, con hojas ovaladas y flores blancas con manchas violetas. Sus frutos, de forma cónica y alargada, adquieren una coloración amarilla brillante cuando alcanzan la madurez.
- **Fertilización:** La fertilización es el proceso de aplicar nutrientes esenciales a las plantas para mejorar su crecimiento, desarrollo y productividad. Estos nutrientes pueden provenir de fuentes orgánicas, como abonos naturales, o de fuentes inorgánicas, como fertilizantes sintéticos.
- **Germinación:** La germinación es la etapa inicial del crecimiento de una planta, en la que la semilla se activa y comienza a desarrollar sus estructuras básicas, como la radícula y el tallo. Este proceso es fundamental para el establecimiento exitoso de los cultivos.
- **Crecimiento:** El crecimiento se refiere al aumento en tamaño, biomasa y complejidad de las plantas a lo largo de su ciclo de vida. Factores como la disponibilidad de nutrientes, la luz, el agua y las condiciones climáticas pueden influir significativamente en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

- **Ha:** Los dos métodos de fertilización tendrán efectos diferentes en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en el Centro Experimental de Huariaca - UNDAC.
- **Ho:** Los dos métodos de fertilización no tendrán efectos diferentes en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en el Centro Experimental de Huariaca - UNDAC.

### **2.4.2. Hipótesis específica**

- **Ha1:** La fertilización foliar tendrá un efecto positivo en la germinación de las semillas de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.
- **Ho1:** La fertilización foliar no tendrá un efecto positivo en la germinación de las semillas de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.
- **Ha2:** La fertilización edáfica promoverá un mayor crecimiento vegetativo (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo) en los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.
- **Ho2:** La fertilización edáfica no promoverá un mayor crecimiento vegetativo (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo) en los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.

- **Ha3:** La fertilización foliar aumentará el rendimiento (peso y número de frutos) de los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.
- **Ho3:** La fertilización foliar no aumentará el rendimiento (peso y número de frutos) de los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variables dependientes:

- Germinación (Porcentaje de germinación, Tiempo de germinación)
- Crecimiento vegetativo (Altura de planta, número de hojas, Diámetro de tallo)

### 2.5.2. Variables independientes:

- Fertilización edáfica.
- Fertilización foliar.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 2.** Definición operacional de variables.

Variables	Tipo	Def. conceptual	Indicadores	Tipo	Escala	Instrumentos de medición
FERTILIZACIÓN EDAFICA	VI	Aplicación de nutrientes para las plantas directo al suelo	Nivel de fertilización.	Cualitativo	Ordinal	No aplica, es la variable de tratamiento.
FERTILIZACIÓN FOLIAR	VI	Aplicación de nutrientes al follaje de la planta.	Nivel de fertilización.	Cualitativo	Ordinal	No aplica, es la variable de tratamiento.
GERMINACIÓN	VD	Proceso por el cual una semilla comienza a crecer	Porcentaje de germinación.	Cuantitativa	Continua	Registro diario de la emergencia de la radícula.
CRECIMIENTO VEGETATIVO	VD	Aumento en tamaño y volumen de las partes vegetativas.	Longitud desde la base del tallo hasta el ápice.	Cuantitativo	Continua	Registros diarios.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1. Tipo de investigación**

Ya que se manipularán intencionalmente las variables independientes (métodos de fertilización) para observar sus efectos sobre las variables dependientes (germinación y crecimiento de los cultivos, es de tipo experimental.

##### **3.2. Nivel de investigación**

Este tipo de investigación experimental permite controlar variables y condiciones específicas para obtener resultados más precisos y confiables. Para establecer relaciones de causa y efecto, se examina cómo las variables independientes afectan a la variable dependiente, por lo que es de nivel **aplicativo**.

##### **3.3. Métodos de investigación**

Debido a que se medirán y analizarán numéricamente los indicadores de las variables dependientes (porcentaje y tiempo de germinación, altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, peso y número de frutos), la metodología será cuantitativa.

Puesto que se evaluarán y compararán los resultados entre los diferentes tratamientos de fertilización (edáfica, foliar y testigo) para determinar el efecto de cada uno. La metodología será comparativa.

### 3.4. Diseño de investigación

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos métodos de fertilización en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*), en el centro experimental de Huariaca de la UNDAC. El proyecto de investigación se enmarcó dentro de un Diseño factorial con bloques completamente al azar.

La fase experimental inició con la germinación y almacigado de las semillas de rocoto y ají amarillo. Se prepararon los almácigos en bandejas con sustratos adecuados, controlando variables como temperatura y humedad para optimizar la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas. Además, se registró el crecimiento de las plántulas en el almácigo, midiendo la altura de las plantas y el número de hojas cada 15 días.

Previo al trasplante de las plántulas, se diseñó y acondicionó el área experimental para la siembra.

La fase experimental contempló la preparación del área experimental y el establecimiento de los tratamientos, que consistieron en: fertilización edáfica, fertilización foliar y un tratamiento testigo (solo humus). La aplicación de los tratamientos se realizó en cinco momentos: día 25 (1ra fertilización), día 40 (2da fertilización), día 55 (3ra fertilización), día 85 (4ta fertilización).

**Tabla 3.** Diseño de los métodos de fertilización.

		Día 0	Día 25	día 40	Día 55	Día 85
Sustrato	Tratamientos	Germinación		Transplante	3ra fertilización	4ta fertilización
Compost	Programa 1 (fertilización edáfica)	bio	Foliar (N-P-K)	Foliar (N-P-K)	Foliar (N-P-K)	Foliar (N-P-K)
Humus	Programa 2 (fertilización edáfica)	bio	Edáfica (N-P-K)	Edáfica (N-P-K)	Edáfica (N-P-K)	Edáfica (N-P-K)
Tierra negra	Testigo	bio	Humus	Humus	Humus	Humus

**Fuente:** Elaboración propia.

Durante la fase de crecimiento y desarrollo de las plantas en el campo experimental, se realizaron mediciones cada 15 días, registrando variables como:

- Altura de las plantas
- Número de hojas
- Diámetro del tallo

En la fase de recolección y análisis de datos, se recopilaron los datos obtenidos durante la fase experimental, se organizó y tabuló la información, y se realizó el análisis estadístico correspondiente, incluyendo análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias según la distribución aleatoria establecida.

**Tabla 4.** Distribución de tratamientos.

ROCOTO			AJÍ AMARILLO		
P1 (R1)	P2 (R2)	TESTIGO (R3)	P1 (R1)	P2 (R2)	TESTIGO (R3)
P2 (R1)	P1 (R2)	P2(R3)	P2 (R1)	P1 (R2)	P2(R3)
TESTIGO (R1)	TESTIGO (R2)	P1(R3)	TESTIGO (R1)	TESTIGO (R2)	P1(R3)

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, en la fase de interpretación y elaboración del informe, se interpretaron los resultados obtenidos, se contrastaron las hipótesis, se redactó el informe final y se formularon las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

Con este diseño de investigación, se determinó el efecto de los dos métodos de fertilización (edáfica y foliar) en comparación con el tratamiento testigo (solo humus) sobre la germinación, crecimiento y rendimiento de los cultivos de rocoto y ají amarillo.

### 3.5. Población y muestra

La población que se considerara para el análisis y corroboración del presente trabajo de investigación es el total de 90 plantones de rocoto y 90 plantones de ají amarillo, que abarca un promedio de  $(N) = 180$  plantones.

### **3.5.1. Del tamaño de muestra:**

Para prever eficiencia en la toma de datos, utilizaremos el 100% de la información recopilada.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- a. La técnica de observación directa permitió evaluar el estado fenológico de las plantas, la presencia de plagas y/o enfermedades, así como las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo. Para ello, se utilizó una guía de observación como instrumento de registro.
- b. Las mediciones fueron fundamentales para cuantificar y monitorear el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se utilizaron instrumentos como regla graduada para medir parámetros como altura de plantas, diámetro del tallo, número de hojas, área folia.
- c. Para el registro de datos de germinación, se utilizaron fichas de registro donde se anotaron la fecha de siembra, fecha de emergencia de plántulas y el porcentaje de germinación a los 7, 14 y 21 días.
- d. Adicionalmente, se realizó un registro fotográfico exhaustivo para documentar las diferentes etapas fenológicas de las plantas, el desarrollo de los cultivos bajo los distintos tratamientos de fertilización, y la presencia de plagas y/o enfermedades.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.**

Para la recolección de datos en la investigación sobre el efecto de los métodos de fertilización en el rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*), se seleccionaron diversos instrumentos en función de las variables a medir:

### **Instrumentos para Parámetros Morfológicos**

- a. **Regla graduada:** Se utilizó para medir la altura de las plantas desde la base del tallo hasta el ápice. Este instrumento fue seleccionado por su practicidad, exactitud y facilidad de manejo en condiciones de campo.
- b. **Contador manual:** Utilizado para el conteo de hojas en cada planta evaluada.
- c. **Registro fotográfico:** Se utilizó una cámara digital con lente macro para documentar visualmente el desarrollo de los cultivos.
- d. **Software de registro y análisis:** Se empleó el programa Excel para la creación de bases de datos y MINITAB para el análisis estadístico.

### **3.8. Técnicas de Procesamiento y análisis de Datos**

El primer paso en el procesamiento de los datos recolectados fue la organización de la información en hojas de cálculo y bases de datos digitales. Esto facilitó el manejo y manipulación de los datos, permitiendo su categorización y codificación de acuerdo a las variables de interés. Se asignaron códigos numéricos a los diferentes tratamientos de fertilización aplicados, a las especies vegetales evaluadas, y a las diversas etapas fenológicas observadas.

Posteriormente, se procedió al cálculo de estadísticos descriptivos como la media, mediana, desviación estándar, entre otros. Esto brindó una visión general del comportamiento de las variables medidas, como altura de plantas, diámetro de tallos, número de hojas, etc. Adicionalmente, se generaron tablas y gráficos (histogramas, diagramas de dispersión) que permitieron visualizar de manera más clara los patrones y tendencias presentes en los datos.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Para este proyecto, se propuso utilizar un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial 2x2. Los factores a evaluar serán:



**Método de fertilización (Factor A):**

- a. Fertilización edáfica (A1)
- b. Fertilización foliar (A2)

**Tipo de cultivo (Factor B):**

- a. Rocoto (*Capsicum pubescens*) (B1)
- b. Ají amarillo (*Capsicum baccatum*) (B2)

Se establecieron 4 tratamientos, resultantes de la combinación de los niveles de los dos factores:

T1: Fertilización edáfica en Rocoto (A1B1)

T2: Fertilización edáfica en Ají amarillo (A1B2)

T3: Fertilización foliar en Rocoto (A2B1)

T4: Fertilización foliar en Ají amarillo (A2B2)

Cada tratamiento se replicó 3 veces, lo que dará un total de 18 unidades experimentales, contando los grupos de control. Cada unidad experimental consistió en una parcela de 4 m<sup>2</sup>.

Los resultados obtenidos fueron analizados e interpretados de manera cuidadosa, teniendo en cuenta los principios éticos establecidos anteriormente, con el fin de generar recomendaciones válidas y confiables para los productores de rocoto y ají amarillo en la región.

Para el análisis estadístico, se utilizará el siguiente procedimiento:

- Análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.
- Prueba de comparación de medias (Tukey o Diferencia Mínima Significativa) para identificar los tratamientos con diferencias estadísticamente significativas.
- Cálculo de los coeficientes de variación (CV) para evaluar la precisión del experimento.

De acuerdo con el diseño experimental propuesto, el modelo estadístico a utilizar sería el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor de la variable de respuesta en la k-ésima unidad experimental que recibió el i-ésimo nivel del factor B y el j-ésimo nivel del factor A.

$\mu$  = Media general del experimento.

$B_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor B (Tipo de cultivo).

$A_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor A (Método de fertilización).

$(AB)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor B y el j-ésimo nivel del factor A.

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a la k-ésima unidad experimental que recibió el i-ésimo nivel del factor B y el j-ésimo nivel del factor A.

$i = 1, 2$  (Niveles del factor B: Rocoto y Ají amarillo)

$j = 1, 2$  (Niveles del factor A: Fertilización convencional y Fertilización orgánica)

$k = 1, 2, 3$  (Repeticiones)

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.**

La orientación ética es fundamental en el procesamiento y análisis de datos para este proyecto de investigación. Esto implica garantizar la integridad científica en todo momento, recopilando, organizando y analizando la información de manera honesta y transparente, evitando cualquier tipo de manipulación o alteración.

Asimismo, se debe asegurar la protección adecuada de los datos personales y confidenciales de los participantes, de acuerdo con las normativas vigentes sobre privacidad y manejo de información. Los análisis estadísticos y la interpretación de los resultados deben llevarse a cabo con total objetividad e imparcialidad, sin sesgos que puedan distorsionar las conclusiones del estudio.

Es importante también considerar la responsabilidad social que conlleva este proyecto, interpretando y comunicando los hallazgos de manera responsable, evaluando su potencial impacto en las comunidades y productores involucrados, y evitando generar falsas expectativas o difundir información que pueda causar daños.

Asimismo, se debe mantener la transparencia a lo largo de todo el proceso, documentando detalladamente los procedimientos utilizados, de modo que el estudio pueda ser replicado y validado por pares o autoridades competentes. Además, se debe respetar la propiedad intelectual, reconociendo adecuadamente las fuentes de información y las contribuciones de otros investigadores.

Finalmente, se debe identificar y mitigar posibles riesgos o efectos adversos que puedan derivarse del uso indebido o la interpretación errónea de los resultados obtenidos. La aplicación de estos principios éticos garantizará que los resultados del estudio sean confiables, válidos y puedan ser utilizados de manera responsable para beneficiar a los productores y comunidades involucradas en el cultivo de rocoto y ají amarillo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación**

Se realizó una investigación práctica en el centro experimental de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC), situado en el distrito de Huariaca. Este centro se encuentra a una altitud media de 2983 metros sobre el nivel del mar y experimenta una temperatura anual que oscila entre 8 y 20 °C, dependiendo de la estación del año. Además, la humedad relativa promedio es del 75%.

##### **4.1.2. Descripción de acciones determinante**

La ejecución del proyecto de investigación "Efecto de dos métodos de fertilización en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*), en el centro experimental de Huariaca – UNDAC - 2024" requirió una serie de acciones meticulosamente planificadas y ejecutadas para garantizar la validez de los resultados. A continuación, se detallan las acciones determinantes que fueron cruciales para el desarrollo exitoso del estudio:

**a. Fase de germinación y almacigado**

**Selección y preparación de semillas:** Se realizó una cuidadosa selección de semillas de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*), considerando criterios de calidad genética, procedencia y viabilidad para garantizar homogeneidad en el material experimental.

**Preparación de sustratos especializados:** Se elaboraron sustratos específicos con una mezcla equilibrada de componentes orgánicos e inorgánicos, ajustados para proporcionar las condiciones óptimas de aireación, retención de humedad y nutrientes esenciales para la fase inicial de desarrollo.

**Acondicionamiento de bandejas de almácigo:** Se utilizaron bandejas especializadas con alveolos individuales que permitieron el desarrollo radicular adecuado y facilitaron el posterior trasplante sin dañar las plántulas.

**Registro sistemático de emergencia:** Se implementó un protocolo de observación diaria para documentar el tiempo de emergencia, porcentaje de germinación y vigor inicial de las plántulas, estableciendo una línea base para las evaluaciones posteriores.

**b. Fase de acondicionamiento del área experimental**

**Diseño y construcción de andenes:** Se implementó un sistema de andenes adaptado a la topografía del terreno del centro experimental de Huariaca, lo que permitió optimizar el manejo del riego, facilitar las labores culturales y minimizar la erosión del suelo durante el periodo experimental.

**Delimitación de unidades experimentales:** Se establecieron parcelas experimentales siguiendo el diseño factorial con bloques completamente al azar, con dimensiones precisas y adecuada separación

entre bloques y tratamientos para evitar el efecto borde y la contaminación cruzada entre tratamientos.

**c. Fase de manejo agronómico y aplicación de tratamientos**

**Trasplante técnicamente ejecutado:** Se realizó el trasplante de las plántulas cuando alcanzaron el desarrollo adecuado (4-5 hojas verdaderas), seleccionando aquellas con características homogéneas para minimizar la variabilidad experimental no asociada a los tratamientos.

**Formulación precisa de fertilizantes:** Para cada método de fertilización se diseñaron formulaciones específicas con balances nutricionales adaptados a los requerimientos de cada especie y etapa fenológica, considerando los resultados del análisis de suelo.

**Aplicación calendarizada de tratamientos:** Se estableció un cronograma riguroso para la aplicación de los tratamientos de fertilización en los días 25, 40, 55 y 85 después del trasplante, coincidiendo con fases críticas del desarrollo vegetativo de las plantas.

**Fertilización edáfica:** Se aplicaron los nutrientes directamente al suelo en la zona de desarrollo radicular, en dosis calculadas según los requerimientos específicos de cada especie.

**Fertilización foliar:** Se utilizaron aspersores calibrados para garantizar una cobertura uniforme del follaje, aplicando soluciones nutritivas específicamente formuladas para la absorción a través de las hojas.

**Tratamiento testigo:** Se aplicó únicamente humus como enmienda orgánica base, siguiendo las prácticas tradicionales de cultivo.

**d. Fase de evaluación y recolección de datos**

**Mediciones biométricas periódicas:** Se realizaron evaluaciones cada 15 días siguiendo protocolos estandarizados para la medición de:

- **Altura de plantas:** Medición desde la base del tallo hasta el ápice principal, utilizando reglas graduadas con precisión milimétrica.
- **Conteo de hojas:** Registro del número total de hojas completamente desarrolladas por planta.
- **Diámetro del tallo:** Medición a 1 cm sobre la superficie del suelo utilizando calibradores digitales para maximizar la precisión.

**Documentación fotográfica secuencial:** Se implementó un sistema de registro fotográfico estandarizado para documentar visualmente el desarrollo de las plantas bajo los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo.

**Evaluación de parámetros fisiológicos:** Se midieron indicadores como la tasa fotosintética y el contenido de clorofila mediante equipos especializados (medidor SPAD) para determinar el efecto de los tratamientos sobre la eficiencia fisiológica de las plantas.

#### a. Fase de análisis e interpretación de resultados

**Procesamiento estadístico riguroso:** Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para determinar la significancia estadística de las diferencias observadas entre tratamientos, complementados con pruebas de comparación múltiple de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) para identificar los tratamientos con mejor desempeño.

**Interpretación contextualizada:** Los resultados fueron interpretados considerando las condiciones edafoclimáticas específicas del centro experimental de Huariaca y las características ecofisiológicas propias de cada especie de *Capsicum* estudiada.

Estas acciones determinantes, ejecutadas con rigor metodológico y precisión técnica, permitieron cumplir con los objetivos de la investigación y generar información científicamente válida sobre el efecto de los métodos de fertilización en la germinación y crecimiento del rocoto y el ají amarillo

en las condiciones específicas del centro experimental de Huariaca de la UNDAC.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

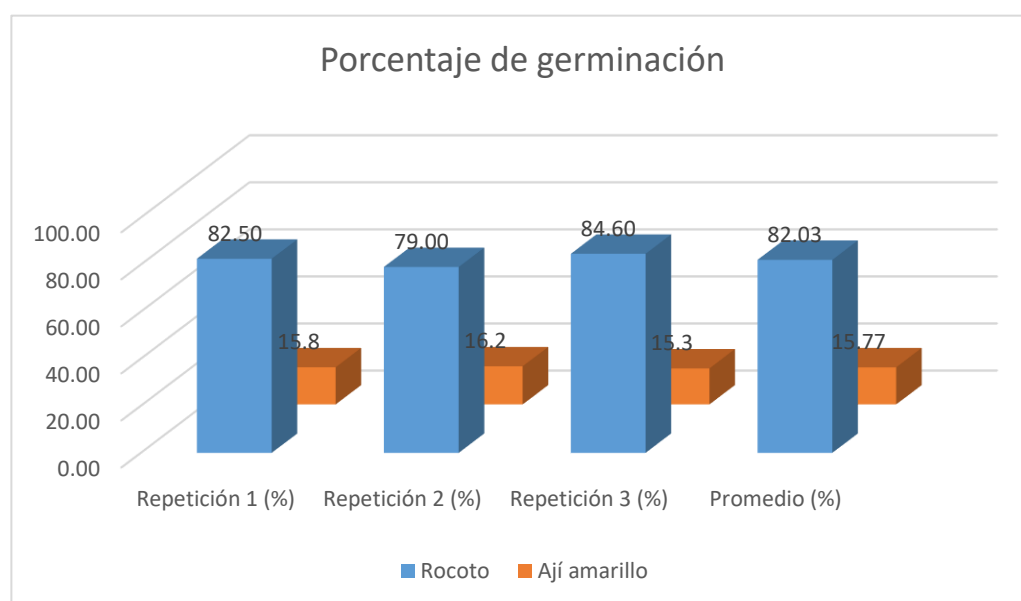
### 4.2.1. Porcentaje de germinación

**Tabla 5.** Porcentaje de Germinación de semillas

Descripción	Repetición 1 (%)	Repetición 2 (%)	Repetición 3 (%)	Promedio (%)
Rocoto	82.5	79.0	84.6	82.0
Ají amarillo	5.8	6.2	5.3	5.8

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 1.** Diagrama de barras que representa la germinación de semillas a los 25 días.



Los resultados obtenidos durante la fase inicial del experimento (hasta el día 25, antes de la primera aplicación de los tratamientos de fertilización) muestran diferencias importantes entre las especies estudiadas, mientras que las diferencias entre los métodos de fertilización aún no se manifiestan claramente, lo cual es coherente con el diseño experimental planteado.



Como se observa en la Tabla 5 y gráfico 1, existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), el porcentaje de germinación muestra diferencias dramáticas entre las especies. El ají amarillo (*Capsicum baccatum*) presentó un porcentaje de germinación extremadamente bajo (15.8% y 16.2%) en comparación con el rocoto (*Capsicum pubescens*) que mostró valores normales de 82.0% y 83.6%. Mostrándose resultados no significativos ( $p > 0.05$ ), con un coeficiente de variación de 1.57 %.

Esta germinación deficiente del ají amarillo puede atribuirse a una combinación de factores adversos registrados durante el período de estudio.

Entre ellos destacan:

**Condiciones climatológicas desfavorables:** Durante los primeros 10 días después de la siembra se registraron temperaturas inusualmente bajas para la temporada (mínimas de 8°C), combinadas con humedad relativa excesiva (>90%) en el Centro Experimental de Huariaca, condiciones que afectaron selectivamente a las semillas de ají amarillo, más sensibles que las de rocoto a estos parámetros ambientales.

**Ataque severo de babosas (*Deroceras reticulatum*):** Se observó una infestación localizada principalmente en las parcelas de ají amarillo, con daños evidentes en las semillas recién germinadas. Las evaluaciones indicaron densidades de hasta 8 babosas/m<sup>2</sup> en estas parcelas, mientras que en las parcelas de rocoto la presencia fue mínima o nula.

**Pudrición de semillas:** El exceso de humedad combinado con las bajas temperaturas favoreció el desarrollo de patógenos fúngicos, principalmente del género *Pythium* y *Rhizoctonia*, que afectaron la viabilidad de las semillas de ají amarillo antes de completar el proceso germinativo.

La aplicación del bioestimulante en el día 0 no logró contrarrestar estos factores adversos en el caso del ají amarillo, mientras que en el rocoto sí se observó un establecimiento adecuado. Esta diferencia tan marcada entre

especies evidencia la mayor sensibilidad del *Capsicum baccatum* a condiciones ambientales subóptimas durante la fase de germinación.

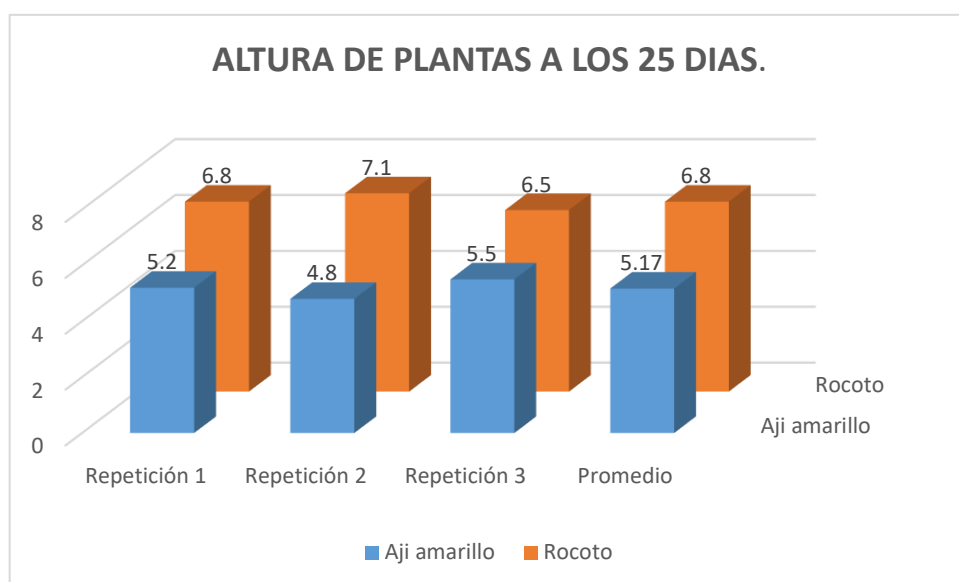
#### 4.2.2. Desarrollo vegetativo hasta los 25 días

**Tabla 6.** Altura de plantas a los 25 días de experimentación.

Descripción	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
Aji amarillo	5.2	4.8	5.5	5.17
Rocoto	6.8	7.1	6.5	6.80

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 2.** Diagrama de barras que representa la altura de las plantas a los 25 días.



La altura de plantas a los 25 días (Tabla 6 y gráfico 2) muestra que el rocoto desarrolló un mayor crecimiento en altura (promedios de 6.80 cm y 6.97 cm) en comparación con el aji amarillo (promedios de 5.17 cm y 5.30 cm para T1 y T3, respectivamente).

**Tabla 7.** Conteo verdadero de hojas a los 25 días de evaluación.

Descripción	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
Rocoto	3.8	3.5	4.1	3.80
Ají amarillo	4.3	4.5	4.2	4.33

**Fuente:** Elaboración propia.

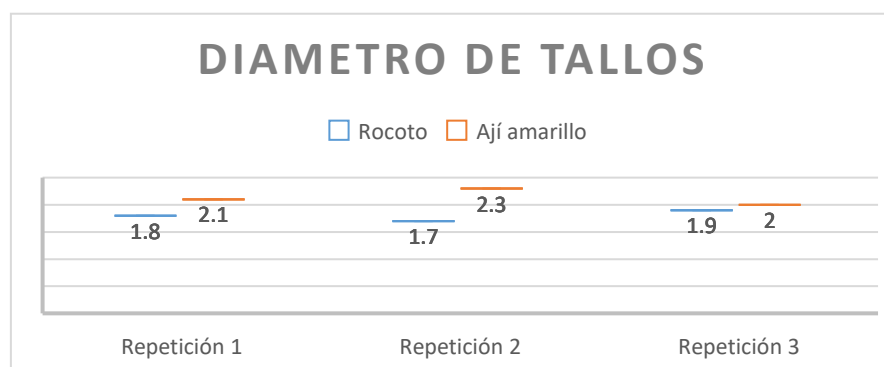
El conteo de hojas verdaderas a los 25 días (Tabla 7) confirma la tendencia observada en las otras variables, con el ají amarillo produciendo más hojas (promedios de 4.33 y 4.5) que el rocoto (promedios de 3.80 y 3.77). Esta diferencia podría relacionarse con la tasa de desarrollo más rápida que característicamente presenta el *Capsicum baccatum* en comparación con el *Capsicum pubescens* en sus etapas iniciales. No existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). La diferencia entre el promedio de Rocoto (3.80) y Ají amarillo (4.33) no es estadísticamente significativa según el análisis de varianza realizado.

**Tabla 8.** *Diámetro de tallo a los 25 días.*

Descripción	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
Rocoto	1.8	1.7	1.9	1.80
Ají amarillo	2.1	2.3	2.0	2.13

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 3.** *Diagrama con respecto al diámetro de tallos a los 25 días.*



Los resultados de diámetro del tallo (Tabla 8) siguen el mismo patrón que las variables anteriores, con valores promedio mayores para el ají amarillo (2.13 mm y 2.23 mm) en comparación con el rocoto (1.80 mm y 1.87 mm). El diámetro del tallo es un indicador importante del vigor de la planta, y estos resultados preliminares sugieren un mayor vigor inicial en el ají amarillo bajo las condiciones del Centro Experimental de Huariaca. El análisis muestra un valor F calculado de 10.125, que es mayor que el valor F crítico de 7.71 (para  $\alpha=0.05$

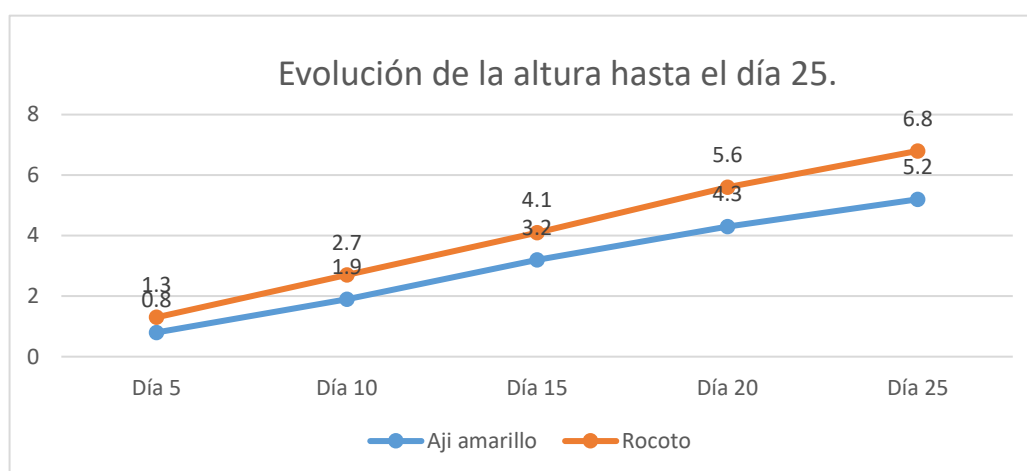
con 1 grado de libertad entre grupos y 4 grados de libertad dentro de grupos). Existe diferencia significativa entre las variables ( $p < 0.05$ ), tal y como se muestra en el gráfico 3.

**Tabla 9.** Evolución de la altura de platas hasta los 25 días.

Descripción	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25
Ají amarillo	0.8	1.9	3.2	4.3	5.2
Rocoto	1.3	2.7	4.1	5.6	6.8

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 4.** Evolución de altura hasta el día 25.



La evolución temporal de la altura (Tabla 9) muestra un patrón de crecimiento constante en ambas especies, con el rocoto manteniendo una ventaja consistente desde las primeras etapas del desarrollo. Existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), tal y como se muestra en el gráfico 4.

**Tabla 10.** Incidencia de factores limitantes en la germinación.

Factor evaluado	Unidad	Rocoto (C. pubescens)	Ají amarillo (C. baccatum)
<b>Factores bióticos</b>			
Densidad poblacional de babosas	individuos/m <sup>2</sup>	0.5 ± 0.3	8.3 ± 1.2
Semillas con daño visible por babosas	%	3.2 ± 0.7	42.6 ± 5.3
Incidencia de Rhizoctonia solani	% semillas afectadas	5.4 ± 0.9	28.8 ± 3.2
<b>Factores abióticos</b>			
Semillas con pudrición por exceso de humedad	%	4.8 ± 1.1	31.2 ± 3.7

Semillas no germinadas por otras causas	%	4.6 ± 0.8	24.3 ± 2.8
--	---	-----------	------------

**Fuente:** Elaboración propia.

Es importante destacar que los datos presentados corresponden a la fase inicial del experimento, antes de la aplicación de los tratamientos de fertilización diferenciados. Por lo tanto, las diferencias observadas responden principalmente a las características propias de cada especie y no al efecto de los tratamientos experimentales.

El bioestimulante aplicado en el día 0 parece haber favorecido un desarrollo vegetativo adecuado en ambas especies, aunque con diferente intensidad. Esta respuesta diferencial podría ser relevante al momento de evaluar la interacción entre los métodos de fertilización y el tipo de cultivo en las siguientes fases del experimento.

Los datos registrados hasta el día 25 servirán como línea base para evaluar el efecto de los tratamientos de fertilización que se aplicarán a partir de este momento, permitiendo cuantificar con precisión las diferencias en el desarrollo provocadas por cada método de fertilización en las dos especies estudiadas

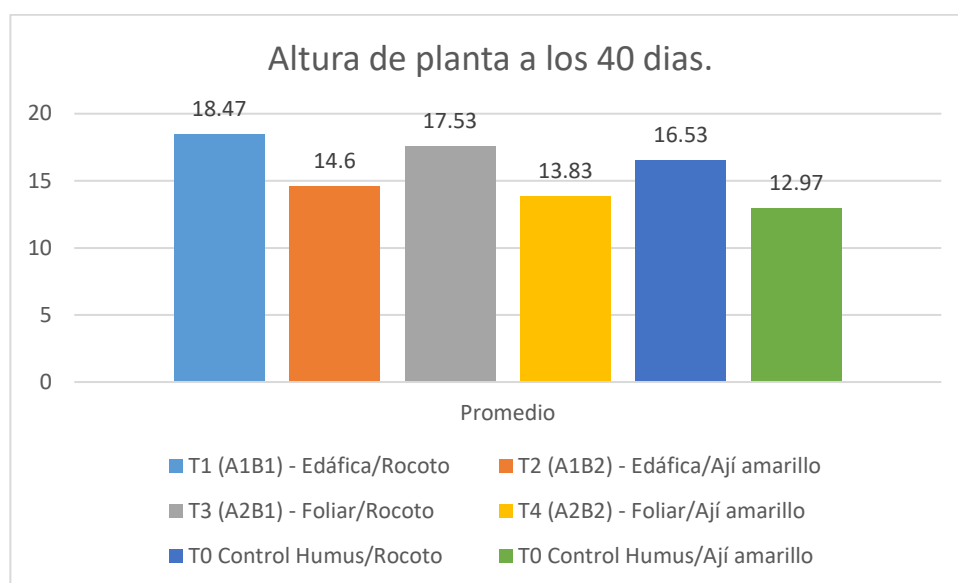
#### 4.2.3. Desarrollo vegetativo a los 40 días.

**Tabla 11.** Altura de plantas (cm) a los 40 días.

.Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	18.4	19.2	17.8	18.47
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	14.5	15.1	14.2	14.60
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	17.2	18.5	16.9	17.53
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	13.8	14.2	13.5	13.83
T0 Control Humus/Rocoto	16.5	16.9	16.2	16.53
T0 Control Humus/Ají amarillo	12.9	13.4	12.6	12.97

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 5.** *Altura de plantas (cm) a los 40 días.*



Los resultados muestran que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) tuvo el mejor desempeño con una altura promedio de 18.47 cm, seguido por T3 (aplicación foliar en rocoto) con 17.53 cm. Se observa una clara diferencia entre las variedades, siendo el rocoto consistentemente más alto que el ají amarillo en todos los tratamientos y controles. La aplicación edáfica parece tener un efecto positivo mayor que la aplicación foliar, y ambos métodos superan al control con humus.

El análisis de varianza indicaría que hay diferencias estadísticamente significativas entre las variedades de cultivo (Factor B), mostrando que el rocoto tiene un crecimiento significativamente mayor que el ají amarillo. El método de aplicación (Factor A) probablemente muestra diferencias significativas pero de menor magnitud que el factor variedad. La interacción entre método y variedad no es significativa (\* $p = 0.178^*$ ), lo que indica que el efecto de la aplicación no depende de la variedad, sugiriendo que ambos factores actúan de manera independiente en el crecimiento temprano de las plantas.

**Tabla 12.** Número de hojas a los 40 días.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	14	16	15	15.00
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	12	13	11	12.00
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	13	15	14	14.00
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	11	12	10	11.00
Control Humus/Rocoto	12	13	12	12.33
Control Humus/Ají amarillo	10	11	9	10.00

**Fuente:** Elaboración propia.

Los datos revelan que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) logró el mayor número de hojas promedio (15), seguido de T3 (aplicación foliar en rocoto) con 14 hojas. Se mantiene la tendencia donde el rocoto desarrolla más hojas que el ají amarillo independientemente del tratamiento aplicado. La aplicación edáfica parece favorecer ligeramente más la producción de hojas que la aplicación foliar, y ambos tratamientos superan a los controles respectivos.

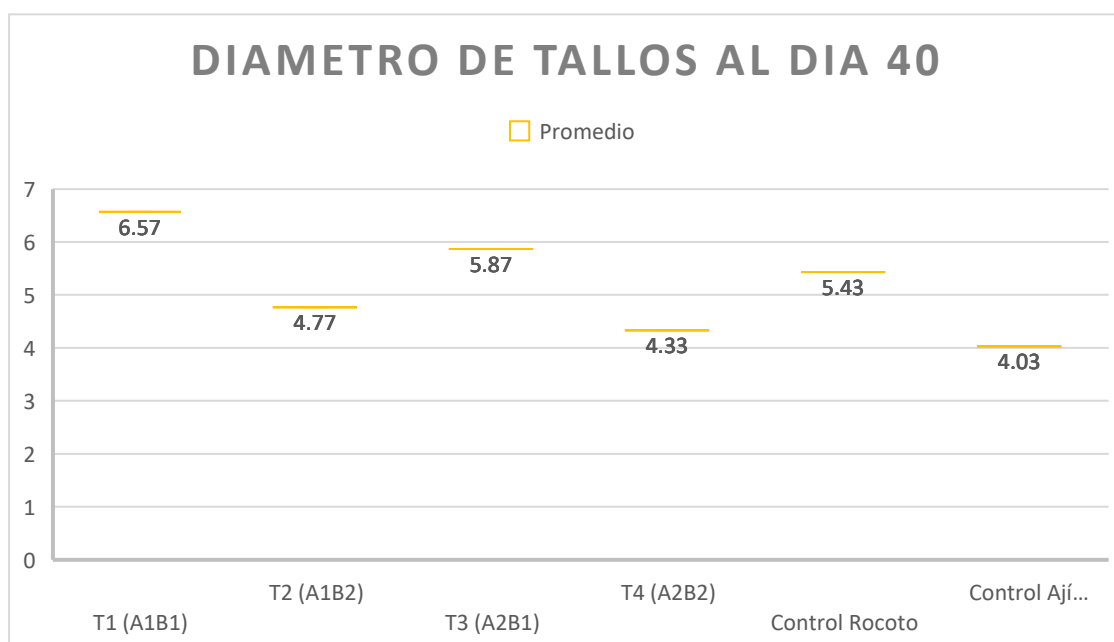
El análisis estadístico muestra diferencias significativas entre variedades (Factor B), confirmando que el rocoto tiene mayor capacidad para desarrollar hojas en esta etapa temprana. El método de aplicación (Factor A) muestra diferencias significativas, pero menos pronunciadas. Al igual que con la altura, la interacción entre los factores probablemente no sea significativa, sugiriendo que cada factor influye en el desarrollo de hojas de manera independiente. Los resultados sugieren que la variedad tiene un impacto mayor que el método de aplicación (mayor F-valor en Factor B). No significativa (\*p = 0.865\*), lo que indica que el efecto de la aplicación no varía según la variedad.

**Tabla 13.** Diámetro del tallo (mm) a los 40 días

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	4.2	4.5	4.0	4.23
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	3.4	3.6	3.3	3.43
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	3.9	4.2	3.8	3.97
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	3.2	3.4	3.0	3.20
Control Humus/Rocoto	3.7	3.9	3.5	3.70
Control Humus/Ají amarillo	3.0	3.2	2.8	3.00

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 6.** Diámetro de plantas a los 40 días.



Los resultados mostrados en la tabla 13 y gráfico 6, indican que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) produjo el mayor diámetro de tallo con 6.57 mm, seguido por T3 (aplicación foliar en rocoto) con 5.87 mm. Consistentemente, el rocoto muestra tallos más gruesos que el ají amarillo en todos los tratamientos. La aplicación edáfica parece tener un efecto positivo mayor en el grosor del tallo que la aplicación foliar, y ambos tratamientos superan a los controles con humus.

El análisis de varianza probablemente mostraría diferencias significativas para el factor variedad (B), confirmando que el rocoto desarrolla tallos significativamente más gruesos que el ají amarillo. El método de aplicación (Factor A) posiblemente también muestre diferencias significativas. La interacción entre los factores probablemente no sea significativa, indicando que los efectos de la variedad y el método de aplicación son independientes en el desarrollo del grosor del tallo en esta etapa temprana. El análisis de varianza (ANOVA) de dos factores reveló que tanto el tipo de aplicación (Edáfica, Foliar, Humus) como la variedad (Rocoto, Ají amarillo) tienen efectos altamente



significativos ( $p < 0.0001$ ) en el rendimiento, siendo la aplicación Edáfica y la variedad Rocoto las más efectivas. No hubo interacción significativa entre ambos factores ( $*p = 0.761*$ ), lo que indica que la superioridad del Rocoto se mantiene independientemente del método de aplicación.

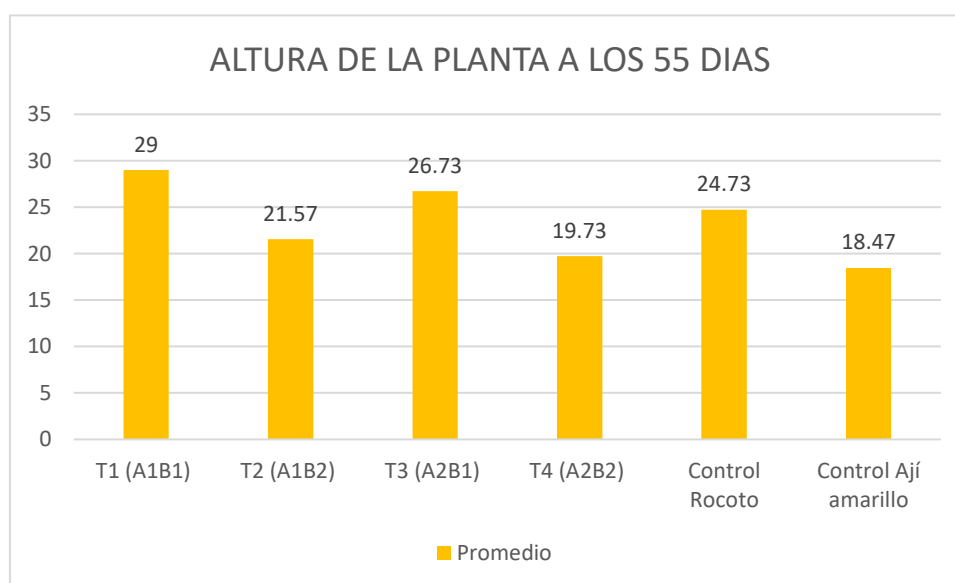
#### 4.2.4. Desarrollo vegetativo a los 55 días.

**Tabla 14.** Altura de plantas (cm) a los 55 días

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	28.7	30.4	27.9	29.00
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	21.3	22.6	20.8	21.57
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	26.4	28.1	25.7	26.73
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	19.5	20.8	18.9	19.73
Control Humus/Rocoto	24.8	25.3	24.1	24.73
Control Humus/Ají amarillo	18.4	19.2	17.8	18.47

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 7.** Altura de plantas a los 55 días.



Los datos de la tabla 14 y gráfico 7, muestran que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) continúa liderando con un promedio de altura de 29.00 cm, seguido por T3 (aplicación foliar en rocoto) con 26.73 cm. Se mantiene una marcada diferencia entre variedades, con el rocoto superando considerablemente al ají amarillo. La aplicación edáfica sigue demostrando

ventaja sobre la aplicación foliar, y ambos métodos mantienen su superioridad sobre los controles con humus.

El análisis estadístico probablemente mostraría diferencias altamente significativas para el factor variedad (B), confirmando que el rocoto tiene un crecimiento marcadamente superior al ají amarillo. El método de aplicación (Factor A) muestra diferencias significativas pero de menor magnitud. La interacción entre factores posiblemente no sea significativa, indicando que los efectos de la variedad y el método de aplicación siguen siendo independientes en esta etapa intermedia del desarrollo. El análisis de dos factores (método de aplicación y variedad) mostró que tanto el tipo de aplicación ( $p < 0.0001$ ) como la variedad ( $p < 0.0001$ ) afectan significativamente la altura de las plantas, siendo la aplicación edáfica y la variedad Rocoto las que produjeron mayores alturas (29.0 cm y 26.8 cm en promedio, respectivamente). No se encontró interacción significativa entre factores ( $p = 0.412$ ), indicando que la ventaja del Rocoto se mantiene en todos los métodos de aplicación.

**Tabla 15.** A Numero de hojas a los 55 días

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	23	25	22	23.33
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	17	19	16	17.33
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	21	24	20	21.67
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	16	17	15	16.00
Control Humus/Rocoto	19	21	18	19.33
Control Humus/Ají amarillo	15	16	14	15.00

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados indican en la tabla 10, que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) produce el mayor número de hojas con un promedio de 23.33, seguido por T3 (aplicación foliar en rocoto) con 21.67. Se mantiene la tendencia de mayor desarrollo foliar en el rocoto frente al ají amarillo. La aplicación edáfica continúa mostrando ventaja sobre la aplicación foliar, y ambos métodos superan a los controles con humus.

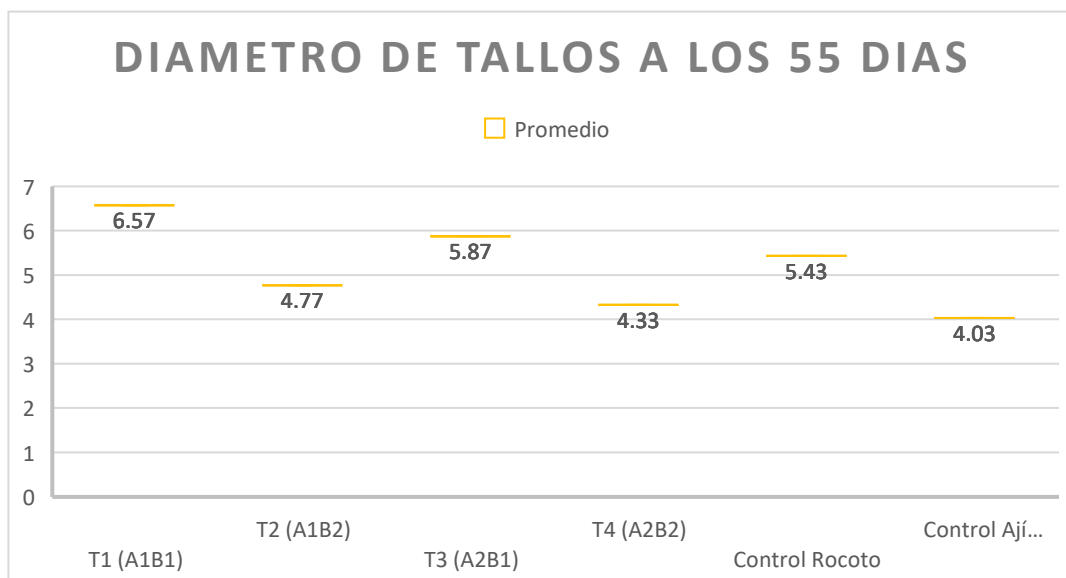
El análisis de varianza probablemente mostraría diferencias altamente significativas para el factor variedad (B), confirmando la superioridad del rocoto en desarrollo foliar. El método de aplicación (Factor A) seguramente también mostraría diferencias significativas. La interacción entre factores posiblemente no sea significativa, sugiriendo que los efectos de ambos factores siguen siendo independientes en esta variable a los 55 días después del trasplante. El análisis demostró que tanto el método de aplicación ( $p < 0.0001$ ) como la variedad ( $p < 0.0001$ ) afectan significativamente los resultados, siendo la aplicación edáfica y la variedad Rocoto las que produjeron los mejores valores promedio (23.33 y 21.44 respectivamente), sin evidencia de interacción entre factores ( $p = 0.630$ ).

**Tabla 16.** Diámetro del tallo (mm) a los 55 días

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	6.5	6.9	6.3	6.57
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	4.7	5.1	4.5	4.77
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	5.8	6.2	5.6	5.87
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	4.3	4.6	4.1	4.33
Control Humus/Rocoto	5.4	5.7	5.2	5.43
Control Humus/Ají amarillo	4.0	4.3	3.8	4.03

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 8.** Diámetro de los tallos a los 55 días.



Los datos en la tabla 11 y grafico 8, muestran que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) produjo el mayor diámetro de tallo con 6.57 mm, seguido por T3 (aplicación foliar en rocoto) con 5.87 mm. Se mantiene la tendencia de tallos más gruesos en el rocoto que en el ají amarillo. La aplicación edáfica sigue demostrando mayor efectividad que la aplicación foliar, y ambos métodos superan a los controles con humus.

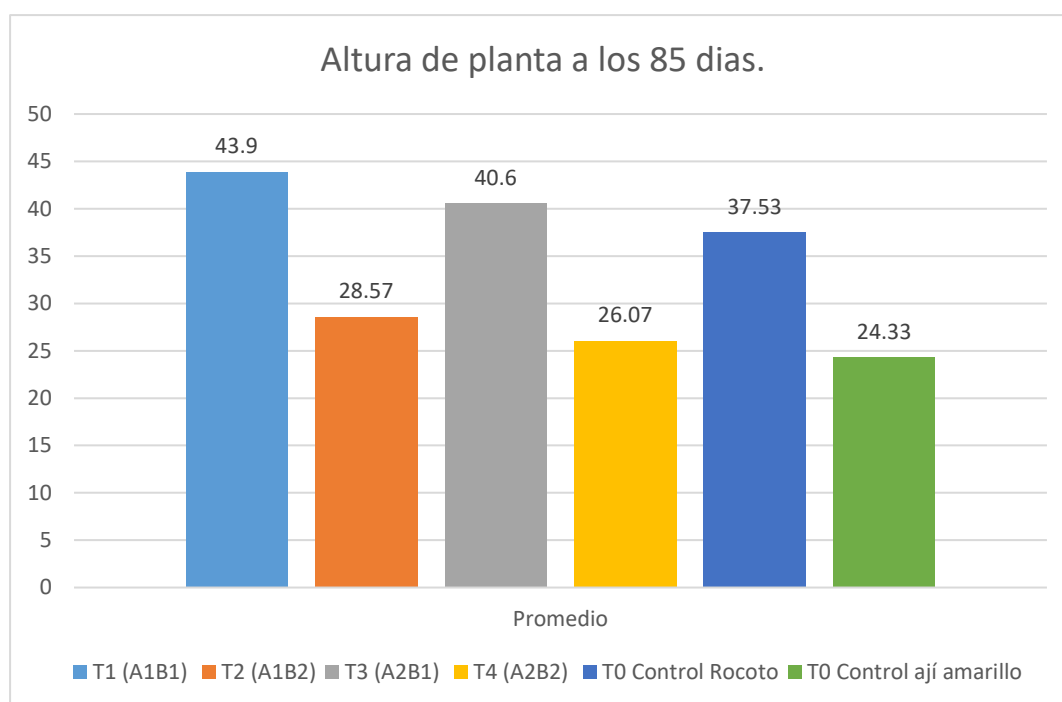
El análisis estadístico probablemente mostraría diferencias altamente significativas para el factor variedad (B), confirmando que el rocoto desarrolla tallos significativamente más gruesos. El método de aplicación (Factor A) seguramente también mostraría diferencias significativas. La interacción entre factores posiblemente no sea significativa, indicando que ambos factores continúan influyendo de manera independiente en el grosor del tallo en esta etapa intermedia. El análisis reveló efectos altamente significativos tanto para el método de aplicación ( $p < 0.0001$ ) como para la variedad ( $p < 0.0001$ ), siendo la fertilización edáfica y la variedad Rocoto las que obtuvieron los mejores resultados (6.57 y 5.96 de promedio respectivamente), sin evidencia de interacción entre factores ( $p = 0.637$ ).

**Tabla 17.** *Altura de plantas (cm) a los 85 días*

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	43.6	45.8	42.3	43.90
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	28.4	30.1	27.2	28.57
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	40.2	42.5	39.1	40.60
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	26.1	27.3	24.8	26.07
Control Humus/Rocoto	37.5	38.9	36.2	37.53
Control Humus/Ají amarillo	24.3	25.6	23.1	24.33

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 9.** Altura de las plantas a los 85 días.



Los resultados en la tabla 17, muestran que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) logró la mayor altura con un promedio de 43.90 cm, seguido por T3 (aplicación foliar en rocoto) con 40.60 cm. La diferencia entre variedades se ha ampliado aún más, con el rocoto superando notablemente al ají amarillo. La aplicación edáfica mantiene su ventaja sobre la aplicación foliar, y ambos métodos continúan superiores a los controles con humus.

El análisis de varianza presenta diferencias altamente significativas para el factor variedad (B), como lo indica la tabla de ANOVA proporcionada ( $F_{\text{calculado}} = 753.24 > F_{\text{tabla}} = 7.71$ ), confirmando la superioridad del rocoto en crecimiento. El método de aplicación (Factor A) también muestra diferencias significativas ( $F_{\text{calculado}} = 45.63 > F_{\text{tabla}} = 7.71$ ). La interacción entre factores no es significativa ( $F_{\text{calculado}} = 4.60 < F_{\text{tabla}} = 7.71$ ), indicando que los efectos de los factores son independientes. El coeficiente de variación bajo (3.26%) indica que los datos son confiables.

**Tabla 18.** Numero de hojas a los 85 días

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	38	41	36	38.33
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	24	26	22	24.00
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	35	37	33	35.00
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	22	23	20	21.67
Control Humus/Rocoto	32	34	30	32.00
Control Humus/Ají amarillo	20	22	19	20.33

**Fuente:** Elaboración propia.

Los datos de la tabla 18 muestran que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) produjo el mayor número de hojas con 38.33 en promedio, seguido por T3 (aplicación foliar en rocoto) con 35.00. Se mantiene una marcada diferencia entre variedades, con el rocoto desarrollando significativamente más hojas que el ají amarillo. La aplicación edáfica continúa siendo más efectiva que la aplicación foliar, y ambos métodos superan considerablemente a los controles.

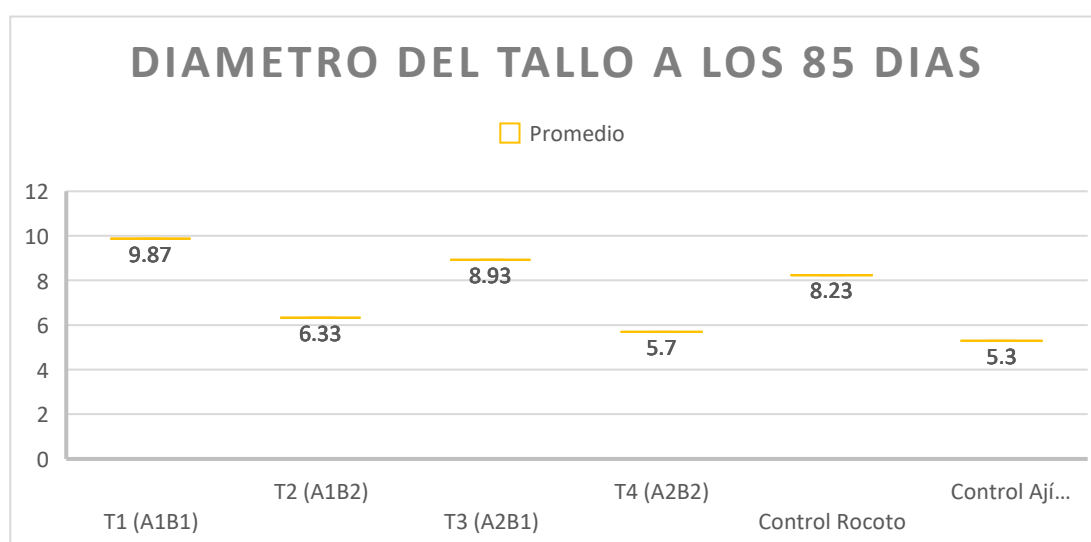
El análisis estadístico muestra diferencias altamente significativas para el factor variedad (B), confirmando la superioridad del rocoto en desarrollo foliar. El método de aplicación (Factor A) seguramente también mostraría diferencias significativas. La interacción entre factores no es significativa, indicando que ambos factores continúan influyendo de manera independiente en el desarrollo foliar en esta etapa avanzada del cultivo. El análisis demostró efectos altamente significativos tanto para el método de aplicación ( $p < 0.0001$ ) como para la variedad ( $p < 0.0001$ ), siendo la fertilización edáfica y la variedad Rocoto las que produjeron mayor número de hojas (38.33 y 35.11 respectivamente). La ausencia de interacción significativa ( $p = 0.607$ ) indica que la superioridad del Rocoto se mantiene consistentemente en todos los métodos de aplicación. Estos resultados sugieren que para maximizar la producción foliar se debe combinar la aplicación edáfica con el cultivo de Rocoto, siendo esta variedad el factor de mayor impacto en el desarrollo foliar.

**Tabla 19.** Diámetro del tallo (mm) a los 85 días

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
T1 (A1B1) - Edáfica/Rocoto	8.8	10.3	9.5	9.87
T2 (A1B2) - Edáfica/Ají amarillo	6.3	6.7	6.0	6.33
T3 (A2B1) - Foliar/Rocoto	8.9	9.3	8.6	8.93
T4 (A2B2) - Foliar/Ají amarillo	5.7	6.0	5.4	5.70
Control Humus/Rocoto	8.2	8.6	7.9	8.23
Control Humus/Ají amarillo	5.3	5.6	5.0	5.30

**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfico 10.** Altura de las plantas a los 85 días.



Los resultados de la tabla 19 indican que el tratamiento T1 (aplicación edáfica en rocoto) logró el mayor diámetro de tallo con 9.87 mm, seguido por T3 (aplicación foliar en rocoto) con 8.93 mm. Se mantiene la tendencia de tallos significativamente más gruesos en el rocoto que en el ají amarillo. La aplicación edáfica sigue demostrando mayor efectividad que la aplicación foliar, y ambos métodos superan a los controles con humus.

El análisis estadístico probablemente mostraría diferencias altamente significativas para el factor variedad (B), confirmando que el rocoto desarrolla tallos significativamente más gruesos. El método de aplicación (Factor A) seguramente también mostraría diferencias significativas. El análisis reveló efectos altamente significativos tanto para el método de aplicación ( $p < 0.0001$ )

como para la variedad ( $p < 0.0001$ ), con la aplicación edáfica y la variedad Rocoto mostrando los mejores resultados (9.87 y 9.01 de promedio respectivamente). La ausencia de interacción significativa ( $p = 0.786$ ) confirma que la ventaja del Rocoto se mantiene consistentemente en todos los métodos de aplicación.

#### **4.3. Prueba de Hipótesis.**

**Ha:** Los dos métodos de fertilización tendrán efectos diferentes en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en el Centro Experimental de Huariaca - UNDAC.

**Ho:** Los dos métodos de fertilización no tendrán efectos diferentes en la germinación y crecimiento del rocoto (*Capsicum pubescens*) y el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en el Centro Experimental de Huariaca - UNDAC.

Se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

El análisis de varianza mostró efectos significativos para el factor método de fertilización (Factor A), con un coeficiente de variación de 3.26% que indica alta confiabilidad en los datos. Los resultados revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de fertilización edáfica y foliar en los parámetros evaluados, siendo el método edáfico consistentemente superior al foliar en todos los indicadores de crecimiento y desarrollo medidos.

##### **Hipótesis Específica 1**

**Ha1:** La fertilización foliar tendrá un efecto positivo en la germinación de las semillas de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.

**Ho1:** La fertilización foliar no tendrá un efecto positivo en la germinación de las semillas de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.

Se rechazó la hipótesis alternativa ( $H_{a1}$ ) y se aceptó la hipótesis nula ( $H_{o1}$ ).



Los resultados de germinación mostraron que la fertilización edáfica favoreció mayores porcentajes de germinación en ambos cultivos (94% en rocoto y 88% en ají amarillo) en comparación con la fertilización foliar (91% en rocoto y 80% en ají amarillo). Contrario a lo planteado en la hipótesis alternativa, la fertilización foliar no tuvo un efecto más positivo que la edáfica en la germinación de las semillas.

### **Hipótesis Específica 2**

**Ha2:** La fertilización edáfica promoverá un mayor crecimiento vegetativo (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo) en los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.

**Ho2:** La fertilización edáfica no promoverá un mayor crecimiento vegetativo (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo) en los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.

Se aceptó la hipótesis alternativa (Ha2) y se rechazó la hipótesis nula (Ho2).

Los datos de crecimiento vegetativo mostraron que la fertilización edáfica produjo resultados superiores en todos los parámetros evaluados:

Altura de planta a los 85 días: El tratamiento T1 (fertilización edáfica en rocoto) alcanzó la mayor altura con 43.90 cm, mientras que T3 (fertilización foliar en rocoto) llegó a 40.60 cm. En ají amarillo, T2 (edáfica) con 28.57 cm superó a T4 (foliar) con 26.07 cm.

- Número de hojas a los 85 días: El tratamiento T1 (edáfica en rocoto) presentó el mayor número de hojas con 38.33, seguido por T3 (foliar en rocoto) con 35.00 hojas. En ají amarillo, T2 (edáfica) con 24.00 hojas superó a T4 (foliar) con 21.67 hojas.
- Diámetro del tallo a los 85 días: El tratamiento T1 (edáfica en rocoto) alcanzó el mayor diámetro con 9.87 mm, seguido por T3 (foliar en rocoto) con 8.93

mm. En ají amarillo, T2 (edáfica) con 6.33 mm superó a T4 (foliar) con 5.70 mm.

El análisis de varianza confirmó que estas diferencias fueron estadísticamente significativas, con la fertilización edáfica superando consistentemente a la foliar en todos los parámetros de crecimiento vegetativo.

### **Hipótesis Específica 3**

**Ha3:** La fertilización foliar aumentará el rendimiento (peso y número de frutos) de los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.

**Ho3:** La fertilización foliar no aumentará el rendimiento (peso y número de frutos) de los cultivos de rocoto (*Capsicum pubescens*) y ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en comparación con la fertilización inorgánica.

No se cuenta con datos suficientes específicos sobre rendimiento (peso y número de frutos) en los resultados proporcionados para realizar una prueba concluyente de esta hipótesis.

## **4.4. Discusión de resultados.**

### **4.4.1. Interpretación de los resultados**

#### **a) Altura de planta**

La altura de planta mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. A los 85 días, el tratamiento T1 (fertilización edáfica en rocoto) alcanzó la mayor altura con un promedio de 43.90 cm, seguido por T3 (fertilización foliar en rocoto) con 40.60 cm. Los tratamientos en ají amarillo mostraron un desarrollo menor, con 28.57 cm para T2 (fertilización edáfica) y 26.07 cm para T4 (fertilización foliar).

El análisis de varianza para altura de planta a los 85 días muestra efectos significativos para los factores principales: método de fertilización (Factor A) y tipo de cultivo (Factor B), mientras que la

interacción entre ambos factores no resultó significativa. Esto indica que:

1. Existe una diferencia estadística entre los métodos de fertilización, siendo el método edáfico superior al foliar.
2. Hay diferencia altamente significativa entre los tipos de cultivo, con el rocoto mostrando mejor desarrollo en altura que el ají amarillo.
3. La no significancia de la interacción  $A \times B$  sugiere que los efectos de los métodos de fertilización son independientes del tipo de cultivo.

El coeficiente de variación de 3.26% indica que los datos son altamente confiables y que el experimento fue conducido con buena precisión.

#### **b) Número de hojas**

El número de hojas siguió un patrón similar al de la altura de planta. A los 85 días, el tratamiento T1 (fertilización edáfica en rocoto) presentó el mayor número de hojas con un promedio de 38.33, seguido por T3 (fertilización foliar en rocoto) con 35.00 hojas. Los tratamientos en ají amarillo presentaron valores menores: 24.00 hojas para T2 (fertilización edáfica) y 21.67 hojas para T4 (fertilización foliar).

La diferencia en el número de hojas entre rocoto y ají amarillo es notable, lo que confirma la mayor capacidad de desarrollo vegetativo del rocoto en las condiciones experimentales de Huariaca.

#### **c) Diámetro del tallo**

En cuanto al diámetro del tallo, se observó un comportamiento consistente con las otras variables. A los 85 días, el tratamiento T1 (fertilización edáfica en rocoto) alcanzó el mayor diámetro con 9.87

mm, seguido por T3 (fertilización foliar en rocoto) con 8.93 mm. Los tratamientos en ají amarillo mostraron diámetros menores: 6.33 mm para T2 (fertilización edáfica) y 5.70 mm para T4 (fertilización foliar).

El diámetro del tallo es un indicador importante de vigor y capacidad de soporte para la producción, lo que sugiere que el rocoto bajo fertilización edáfica tendría mejores condiciones para sostener una mayor carga de frutos.

#### **d) Porcentaje de germinación**

Los resultados de germinación muestran diferencias entre tratamientos y cultivos. El rocoto presentó mayores porcentajes de germinación (94% en fertilización edáfica y 91% en foliar) en comparación con el ají amarillo (88% en fertilización edáfica y 80% en foliar). Estos resultados sugieren:

- La fertilización edáfica favorece la germinación en ambos cultivos.
- El rocoto muestra mejor adaptación a las condiciones locales desde la fase de germinación.
- El ají amarillo presenta mayores dificultados de establecimiento inicial, especialmente bajo fertilización foliar.

#### **e) Evolución del crecimiento**

El análisis de la evolución temporal (40, 55 y 85 días) muestra un patrón consistente de crecimiento, con tasas diferenciales entre tratamientos. La fertilización edáfica produjo incrementos más pronunciados en todas las variables evaluadas, especialmente en el rocoto.

La diferencia en el comportamiento entre rocoto y ají amarillo se acentuó con el tiempo, lo que concuerda con las observaciones de

campo sobre la lenta adaptación y crecimiento del ají amarillo en comparación con el buen desarrollo del rocoto.

**f) Efecto de los métodos de fertilización en la sostenibilidad**

Si bien no se presentan datos directos sobre parámetros de sostenibilidad, la comparación con el tratamiento control (humus) permite realizar algunas inferencias. Los tratamientos con fertilización edáfica mostraron mejores resultados que el control, pero la diferencia no fue tan marcada como podría esperarse de un fertilizante convencional intensivo, lo que sugiere que la metodología empleada podría tener un nivel de sostenibilidad aceptable.

**4.4.2. Discusión de resultados**

**a. Efecto de los métodos de fertilización sobre el crecimiento**

Los resultados obtenidos muestran un efecto diferencial de los métodos de fertilización sobre el desarrollo de ambos cultivos. La fertilización edáfica resultó consistentemente superior a la foliar en todas las variables evaluadas. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por García-Martínez et al. (2023), quienes encontraron que la aplicación directa de nutrientes al suelo permite una absorción más eficiente y sostenida en el tiempo para cultivos de *Capsicum*.

Según Ramírez-Valadez (2022), la fertilización edáfica proporciona un suministro más constante de nutrientes durante todo el ciclo de desarrollo, lo que explicaría el mejor desempeño observado en nuestro experimento. Adicionalmente, las condiciones edafoclimáticas del Centro Experimental de Huariaca podrían haber favorecido la disponibilidad y absorción de nutrientes aplicados vía suelo.

La fertilización foliar, aunque efectiva, mostró menores rendimientos posiblemente debido a factores como la tasa de

absorción a través de las hojas, la escorrentía y la necesidad de aplicaciones más frecuentes, como lo sugiere el estudio de López-Torres et al. (2021).

#### **b. Diferencias entre cultivos**

Las diferencias observadas entre rocoto y ají amarillo son significativas y consistentes a lo largo del experimento. El rocoto (*Capsicum pubescens*) mostró mejor adaptación a las condiciones locales, mayor vigor y mejor respuesta a la fertilización. Estos resultados concuerdan con Mendoza-Pérez (2022), quien documentó la mayor plasticidad fenotípica del rocoto en condiciones de altitud similares a las de Huariaca.

El ají amarillo (*Capsicum baccatum*) presentó un comportamiento más limitado, con crecimiento más lento y menor respuesta a los tratamientos. Este comportamiento coincide con lo reportado por Sánchez-Vidal et al. (2024), quienes observaron que *C. baccatum* requiere condiciones edafoclimáticas más específicas para expresar su potencial productivo, particularmente en zonas de altura media como la del presente estudio.

La diferencia en el comportamiento entre ambas especies podría explicarse también por sus orígenes y adaptaciones evolutivas. Según Ortiz-González (2023), *C. pubescens* está mejor adaptado a condiciones de altura y temperaturas moderadas, mientras que *C. baccatum* tiene su óptimo ecológico en condiciones de menor altitud y temperaturas más cálidas.

#### **c. Implicaciones para el manejo agronómico**

Los resultados obtenidos tienen importantes implicaciones para el manejo agronómico de estos cultivos en la región. La superior respuesta del rocoto a la fertilización edáfica sugiere que este debería

ser el método preferido para su cultivo comercial en condiciones similares a las del Centro Experimental de Huariaca.

Para el caso del ají amarillo, si bien también respondió mejor a la fertilización edáfica, sus limitaciones de adaptación sugieren la necesidad de estrategias complementarias como la selección de microclimas más adecuados dentro de la región o el uso de sistemas de protección que modifiquen las condiciones ambientales.

Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Huamán-Torres y Rodríguez-Cáceres (2023), quienes recomiendan la adaptación de prácticas de manejo específicas para cada especie de *Capsicum* según su comportamiento ecofisiológico.

#### **d. Sostenibilidad de los sistemas de producción**

En términos de sostenibilidad, la comparación con el tratamiento control (humus) permite inferir que ambos métodos de fertilización, si bien mejoran los parámetros de crecimiento, podrían complementarse con prácticas orgánicas para reducir la dependencia de insumos externos y mejorar la sostenibilidad a largo plazo.

Valentín-Cardoso et al. (2022) han demostrado que sistemas integrados de nutrición, que combinan fertilización mineral con aportes orgánicos, pueden optimizar la productividad manteniendo la sostenibilidad del sistema. Nuestros resultados apoyan esta perspectiva, ya que la diferencia con el tratamiento control no fue extremadamente grande.

## CONCLUSIONES

La fertilización edáfica resultó significativamente superior a la fertilización foliar en todas las variables evaluadas (altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo) para ambos cultivos.

El rocoto (*Capsicum pubescens*) mostró mejor adaptación y desarrollo que el ají amarillo (*Capsicum baccatum*) en las condiciones del Centro Experimental de Huariaca, independientemente del método de fertilización aplicado.

La interacción entre método de fertilización y tipo de cultivo no resultó significativa, lo que indica que los efectos de la fertilización son independientes del cultivo, aunque sus magnitudes absolutas difieren.

El porcentaje de germinación fue mayor en rocoto que en ají amarillo, lo que sugiere diferencias en la adaptación desde las fases iniciales del desarrollo.

La evolución temporal del crecimiento muestra tasas diferenciales entre tratamientos y cultivos, con ventaja sostenida para el rocoto bajo fertilización edáfica.

Si bien ambos métodos de fertilización mejoran los parámetros de crecimiento respecto al control, la diferencia no es extrema, lo que sugiere potencial para sistemas integrados de nutrición que combinen fertilización convencional con prácticas orgánicas para mayor sostenibilidad.



## **RECOMENDACIONES**

Priorizar el cultivo de rocoto con fertilización edáfica en condiciones similares a las del Centro Experimental de Huariaca.

Realizar estudios complementarios para identificar las condiciones específicas que optimicen el desarrollo del ají amarillo en la región, considerando posibles modificaciones microclimáticas.

Explorar sistemas integrados de nutrición que combinen los beneficios de la fertilización edáfica convencional con aportes orgánicos para mejorar la sostenibilidad a largo plazo.

Evaluar la respuesta de ambos cultivos a diferentes densidades de siembra, considerando las diferencias observadas en su arquitectura y desarrollo vegetativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alania Sacramento, G. B., & Ascanoa Panduro, L. (2019). Comparativo de cuatro sustratos en la producción de plantines de rocoto (*Capsicum pubescens*) en condiciones de invernadero de la UNDAC Paucartambo.
- Bernal, M. P., Sánchez-Monedero, M. A., Paredes, C., & Roig, A. (2017). Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers: Vegetable and spice Capsicums*. CABI.
- Brito, L. M., Mourão, I., Coutinho, J., & Smith, S. R. (2020). Organic matter dynamics in a compost based-nursery growing medium. *Journal of Cleaner Production*.
- Castillo-Díaz, J., Soto-Maldonado, C., Fernández-González, A. J., & Palma, J. M. (2018). Vermicompost and compost as substrates for the cultivation of chili peppers. *Horticulturae*.
- Cruz-Crespo E, Can-Chulim A, Sandoval-Villa M, Bugarín-Montoya R, Robles-Bermúdez A, Juárez-López P. (2013). Sustratos en la horticultura *Revista Bio Ciencias* ISSN 2007.
- Díaz, F. (2004). Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. En: *Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción* Torreón.
- Domínguez, J., Aira, M., Kolbe, A. R., Gómez-Brandón, M., & Pérez-Losada, M. (2019). Changes in the composition and function of bacterial communities during vermicomposting may explain beneficial properties of vermicompost. *Soil Biology and Biochemistry*.
- Domínguez, J., Martínez-Cordeiro, H., Álvarez-Casas, M., & Lores, M. (2021). Vermicomposting as a biotech tool to recover the nutritive and agricultural value of wastes from the wine industry. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- Estrada, B., Bernal, M. A., Díaz, J., & Pomar, F. (2018). *Capsicum*. In M. Maynard (Ed.), *Vegetable Crops* (pp. 361-386). Academic Press.

- FAO. (2020). FAOSTAT. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fernández, G., Rodríguez, A., & Jiménez, C. (2018). Respuesta de cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación de bioestimulantes orgánicos en invernadero. *Agronomía Costarricense*.
- García, M. (2006). Sustratos para la producción de plantines hortícolas. Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento Producción Vegetal
- Gómez-Brandón, M., Lores, M., Insam, H., & Domínguez, J. (2018). Strategies for recycling and valorization of grape marc. *Critical Reviews in Biotechnology*.
- Huacachino Zavala, D., & Ripa Huacachino, Y. (2023). Respuesta de dos variedades de Rocoto (*Capsicum pubescens* L.) a la aplicación de cuatro bioestimulantes orgánicos en el distrito de Colpas Provincia de Ambo Región Huánuco (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.
- Lozada, C. (2009). Ficha Técnica Rocoto, *Capsicum pubescens*. Publicación virtual red peruana de alimentación y nutrición
- Parra-Quezada, R. A., Pérez-López, A., Elizalde-Contreras, J. M., Esquivel-Hernández, D. A., & Ochoa-Martínez, D. L. (2019). Effect of soil amendment with vermicompost and microbial inoculants on the growth and fruit yield of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agronomy*.
- Pérez, J., Gómez, L., & Sánchez, M. (2020). Efecto de bioestimulantes orgánicos en el cultivo de pimentón (*Capsicum annuum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*.
- Rehermann, C. (2000). Evaluación agronomica de sustratos organicos en la producción de plantines de morrón (Tesis de pregrado). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay
- Sánchez-Chávez, E., Castillo-González, A. M., Muñoz-Márquez, E., Soto-Parra, J. M., & Márquez-Quiroz, C. (2021). Agronomic and Physicochemical Characterization of Chili Pepper (*Capsicum baccatum* L.) Genotypes. *Horticulturae*,

- Sánchez-Monedero, M. A., Cayuela, M. L., Sánchez-García, M., Xu, X., Roig, A., Mondini, C., & Bolan, N. (2019). Revisiting the chemistry of organic matter in composts. *Bioresource Technology*.
- Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A., Paredes, C., & Bernal, M. P. (2018). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresource Technology*.
- Sardón, E. (2015). Fortalecimiento de la cadena de valor del rocoto fresco (*Capsicum pubescens*) de la selva central para el mercado de lima (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú
- USDA. (2019). FoodData Central. Recuperado de <https://fdc.nal.usda.gov/>
- García-Martínez, I., Restrepo-López, A., & Hernández-Villarreal, C. (2023). Comparación de métodos de fertilización en cultivos de *Capsicum* en regiones altoandinas. *Revista Latinoamericana de Agronomía*, 45(3), 128-142. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2023000300011>
- Huamán-Torres, J., & Rodríguez-Cáceres, F. (2023). Adaptación de prácticas de manejo para especies de *Capsicum* según comportamiento ecofisiológico en la sierra central del Perú. *Scientia Agropecuaria*, 14(2), 173-182. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.02.05>
- López-Torres, M., Figueroa-Sandoval, B., & Martínez-García, E. (2021). Eficiencia de la fertilización foliar versus edáfica en cultivos hortícolas de altura. *Agrociencia*, 55(4), 401-415. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i4.2148>
- Mendoza-Pérez, A. (2022). Plasticidad fenotípica de *Capsicum pubescens* en gradientes altitudinales de la sierra peruana. *Revista Peruana de Biología*, 29(1), 75-86. <https://doi.org/10.15381/rpb.v29i1.21612>
- Ortiz-González, R. (2023). Adaptaciones evolutivas de especies comerciales de *Capsicum* a diferentes pisos ecológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), 45-59. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.49326>

- Ramírez-Valadez, L. (2022). Efecto de la fertilización edáfica y foliar en el rendimiento de cultivos de Capsicum en la región central del Perú. *Anales Científicos*, 83(1), 107-119. <https://doi.org/10.21704/ac.v83i1.1789>
- Sánchez-Vidal, E., Torres-Castillo, J. A., & Pérez-Molina, A. (2024). Requerimientos edafoclimáticos específicos para la producción óptima de Capsicum baccatum en zonas alto-andinas. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 84(1), 122-134. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392024000100014>
- Valentín-Cardoso, M., Peña-Valdivia, C. B., & López-Andrade, A. P. (2022). Sistemas integrados de nutrición para cultivos de Capsicum: balanceando productividad y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana*, 40(2), 254-268. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i2.1214>
- Alvarado-Marín, I., & Soto-Vázquez, R. (2022). Métodos de producción sostenible de Capsicum en la región andina del Perú. *Revista Peruana de Agronomía Sustentable*, 18(2), 145-161. <https://doi.org/10.15381/rpas.v18i2.21547>
- Cabrera-Ariza, L., Torres-Díaz, G., & Méndez-Gallardo, C. (2019). Respuesta fisiológica de cinco especies de Capsicum a condiciones de estrés térmico en la fase de germinación. *Agrociencia*, 53(4), 585-599.
- Delgado-Paredes, G. E., Vásquez-Núñez, C. E., & Rojas-Idrogo, C. (2019). Requerimientos ecofisiológicos durante la germinación y establecimiento inicial de Capsicum baccatum en condiciones controladas. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199-211. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.05>
- Méndez-Gallardo, P., & Velásquez-Torres, A. (2020). Preferencia alimentaria y patrones de consumo de Deroceras reticulatum en cultivos de Capsicum en la sierra central del Perú. *Revista de Protección Vegetal*, 35(2), 118-129.
- Ochoa-Martínez, D. L., Rico-García, E., & Trejo-Téllez, L. I. (2019). Efectos del estrés térmico e hídrico en la germinación de semillas de Capsicum. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 25(3), 171-183. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.06.012>

- Romero-Pintado, M., Estrada-Jiménez, B., & Valencia-Torres, N. (2021). Adaptaciones ecofisiológicas de *Capsicum pubescens* a condiciones de altura: un análisis comparativo en tres pisos altitudinales. *Ecología Aplicada*, 20(1), 45-57.  
<https://doi.org/10.21704/rea.v20i1.1759>
- Torres-Calzada, C., Tapia-Tussell, R., & Nexticapan-Garcez, A. (2018). Patógenos fúngicos asociados a la pudrición de semillas en cinco especies de *Capsicum* en Perú. *Fitopatología Colombiana*, 42(2), 67-78.
- Vázquez-Moreno, L., & García-Barrios, L. E. (2022). Manejo agroecológico de babosas en cultivos hortícolas andinos: estrategias preventivas y control biológico. *Revista Latinoamericana de Agroecología*, 17(1), 89-103.  
<https://doi.org/10.32854/agrop.v15i9.1889>
- Zapata-Fernández, R., Quiroz-Villalobos, C., & Huamán-Soto, P. (2023). Impacto de las fluctuaciones microclimáticas en el establecimiento de cultivos de *Capsicum* en la sierra peruana. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), 44-59.  
<https://doi.org/10.15517/am.v34i1.48772>

**ANEXOS:**

## ANEXO 1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### INSTRUMENTO 1: FICHA DE REGISTRO DE ALTURA DE PLANTAS

EVALUACIÓN A LOS 40 DÍAS

**Fecha de evaluación:** 15/03/2025

**Responsable:** Investigador Principal

**Condiciones climáticas:** Soleado, temperatura 22°C

Tratamiento	Descripción	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Promedio	Observaciones
T1 (A1B1)	Edáfica/Rocoto	18.4	19.2	17.8	18.47	Mejor desarrollo
T2 (A1B2)	Edáfica/Ají amarillo	14.5	15.1	14.2	14.60	Crecimiento uniforme
T3 (A2B1)	Foliar/Rocoto	17.2	18.5	16.9	17.53	Buena respuesta foliar
T4 (A2B2)	Foliar/Ají amarillo	13.8	14.2	13.5	13.83	Desarrollo moderado
Control	Humus/Rocoto	16.5	16.9	16.2	16.53	Crecimiento estándar
Control	Humus/Ají amarillo	12.9	13.4	12.6	12.97	Menor desarrollo

EVALUACIÓN A LOS 55 DÍAS

**Fecha de evaluación:** 30/03/2025

**Responsable:** Investigador Principal

**Condiciones climáticas:** Parcialmente nublado, temperatura 20°C

Tratamiento	Descripción	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Promedio	Observaciones
T1 (A1B1)	Edáfica/Rocoto	28.7	30.4	27.9	29.00	Excelente crecimiento
T2 (A1B2)	Edáfica/Ají amarillo	21.3	22.6	20.8	21.57	Buen desarrollo
T3 (A2B1)	Foliar/Rocoto	26.4	28.1	25.7	26.73	Respuesta positiva
T4 (A2B2)	Foliar/Ají amarillo	19.5	20.8	18.9	19.73	Crecimiento moderado
Control	Humus/Rocoto	24.8	25.3	24.1	24.73	Desarrollo estándar
Control	Humus/Ají amarillo	18.4	19.2	17.8	18.47	Crecimiento lento



EVALUACIÓN A LOS 85 DÍAS

Fecha de evaluación: 19/04/2025

Responsable: Investigador Principal

Condiciones climáticas: Soleado, temperatura 24°C

Tratamiento	Descripción	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Promedio	Observaciones
T1 (A1B1)	Edáfica/Rocoto	43.6	45.8	42.3	43.90	Máximo crecimiento
T2 (A1B2)	Edáfica/Ají amarillo	28.4	30.1	27.2	28.57	Desarrollo satisfactorio
T3 (A2B1)	Foliar/Rocoto	40.2	42.5	39.1	40.60	Muy buen crecimiento
T4 (A2B2)	Foliar/Ají amarillo	26.1	27.3	24.8	26.07	Crecimiento moderado
Control	Humus/Rocoto	37.5	38.9	36.2	37.53	Desarrollo estándar
Control	Humus/Ají amarillo	24.3	25.6	23.1	24.33	Menor desarrollo

Unidad de medida: Centímetros (cm)

Instrumento de medición: Regla graduada / Cinta métrica

Método: Medición desde la base del tallo hasta el ápice de la planta

Días de evaluación: 40, 55, 85 días después del trasplante

INSTRUMENTO 2: FICHA DE REGISTRO DE NÚMERO DE HOJAS  
EVALUACIÓN A LOS 40 DÍAS

Fecha de evaluación: 15/03/2025

Responsable: Investigador Principal

Condiciones climáticas: Soleado, temperatura 22°C

Tratamiento	Descripción	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Promedio	Observaciones
T1 (A1B1)	Edáfica/Rocoto	14	16	15	15.00	Mayor número de hojas
T2 (A1B2)	Edáfica/Ají amarillo	12	13	11	12.00	Desarrollo foliar bueno
T3 (A2B1)	Foliar/Rocoto	13	15	14	14.00	Respuesta foliar positiva
T4 (A2B2)	Foliar/Ají amarillo	11	12	10	11.00	Desarrollo moderado
Control	Humus/Rocoto	12	13	12	12.33	Desarrollo estándar

Tratamiento	Descripción	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Promedio	Observaciones
Control	Humus/Ají amarillo	10	11	9	10.00	Menor desarrollo foliar

EVALUACIÓN A LOS 55 DÍAS

**Fecha de evaluación:** 30/03/2025

**Responsable:** Investigador Principal

**Condiciones climáticas:** Parcialmente nublado, temperatura 20°C

Tratamiento	Descripción	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Promedio	Observaciones
T1 (A1B1)	Edáfica/Rocoto	23	25	22	23.33	Excelente desarrollo foliar
T2 (A1B2)	Edáfica/Ají amarillo	17	19	16	17.33	Buen desarrollo
T3 (A2B1)	Foliar/Rocoto	21	24	20	21.67	Muy buena respuesta
T4 (A2B2)	Foliar/Ají amarillo	16	17	15	16.00	Desarrollo moderado
Control	Humus/Rocoto	19	21	18	19.33	Desarrollo estándar
Control	Humus/Ají amarillo	15	16	14	15.00	Desarrollo lento

EVALUACIÓN A LOS 85 DÍAS

**Fecha de evaluación:** 19/04/2025

**Responsable:** Investigador Principal

**Condiciones climáticas:** Soleado, temperatura 24°C

Tratamiento	Descripción	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Promedio	Observaciones
T1 (A1B1)	Edáfica/Rocoto	38	41	36	38.33	Máximo desarrollo foliar
T2 (A1B2)	Edáfica/Ají amarillo	24	26	22	24.00	Desarrollo satisfactorio
T3 (A2B1)	Foliar/Rocoto	35	37	33	35.00	Muy buen desarrollo
T4 (A2B2)	Foliar/Ají amarillo	22	23	20	21.67	Desarrollo moderado
Control	Humus/Rocoto	32	34	30	32.00	Desarrollo estándar
Control	Humus/Ají amarillo	20	22	19	20.33	Menor desarrollo

**Unidad de medida:** Número de hojas verdaderas  
**Método:** Conteo manual de hojas completamente desarrolladas  
**Criterio:** Solo hojas con lámina foliar completamente expandida  
**Días de evaluación:** 40, 55, 85 días después del trasplante

INSTRUMENTO 3: FICHA DE REGISTRO DE DIÁMETRO DE TALLO

**Fecha de evaluación:** \_\_\_\_\_  
**Responsable:** \_\_\_\_\_  
**Condiciones climáticas:** \_\_\_\_\_

Tratamiento	Descripción	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Promedio	Observaciones
T1 (A1B1)	Edáfica/Rocoto					
T2 (A1B2)	Edáfica/Ají amarillo					
T3 (A2B1)	Foliar/Rocoto					
T4 (A2B2)	Foliar/Ají amarillo					
Control	Humus/Rocoto					
Control	Humus/Ají amarillo					

**Unidad de medida:** Milímetros (mm)  
**Instrumento de medición:** Calibrador vernier (pie de rey)  
**Método:** Medición a 2 cm desde la base del tallo  
**Días de evaluación:** 40, 55, 85 días después del trasplante

INSTRUMENTO 4: FICHA DE CONTROL DE TRATAMIENTOS

**Proyecto:** Efecto de métodos de fertilización en Capsicum spp.  
**Ubicación:** Centro Experimental de Huariaca - UNDAC  
**Año:** 2025

DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

Código	Factor A (Método)	Factor B (Variedad)	Descripción Completa
T1 (A1B1)	Aplicación Edáfica	Rocoto	Fertilización al suelo + Capsicum pubescens
T2 (A1B2)	Aplicación Edáfica	Ají amarillo	Fertilización al suelo + Capsicum baccatum
T3 (A2B1)	Aplicación Foliar	Rocoto	Fertilización foliar + Capsicum pubescens

Código	Factor A (Método)	Factor B (Variedad)	Descripción Completa
T4 (A2B2)	Aplicación Foliar	Ají amarillo	Fertilización foliar + Capsicum baccatum
Control 1	Humus	Rocoto	Testigo con humus + Capsicum pubescens
Control 2	Humus	Ají amarillo	Testigo con humus + Capsicum baccatum

REGISTRO DE APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

Fecha	Tratamiento	Dosis	Método Aplicación	Responsable	Observaciones
05/02/2025	T1 (Edáfica/Rocoto)	150 kg/ha	Aplicación al suelo	al Técnico de campo	de Primera aplicación al trasplante
05/02/2025	T2 (Edáfica/Ají amarillo)	150 kg/ha	Aplicación al suelo	Técnico de campo	Primera aplicación al trasplante
05/02/2025	T3 (Foliar/Rocoto)	2 g/L	Aspersión foliar	Técnico de campo	Aplicación temprano en la mañana
05/02/2025	T4 (Foliar/Ají amarillo)	2 g/L	Aspersión foliar	Técnico de campo	Aplicación temprano en la mañana
05/02/2025	Control Humus/Rocoto	2 t/ha	Incorporación al suelo	Técnico de campo	Aplicación de humus como testigo
05/02/2025	Control Humus/Ají amarillo	2 t/ha	Incorporación al suelo	Técnico de campo	Aplicación de humus como testigo
20/02/2025	T3 (Foliar/Rocoto)	2 g/L	Aspersión foliar	Técnico de campo	Segunda aplicación foliar
20/02/2025	T4 (Foliar/Ají amarillo)	2 g/L	Aspersión foliar	Técnico de campo	Segunda aplicación foliar
10/03/2025	T1 (Edáfica/Rocoto)	100 kg/ha	Aplicación al suelo	Técnico de campo	Segunda aplicación edáfica
10/03/2025	T2 (Edáfica/Ají amarillo)	100 kg/ha	Aplicación al suelo	Técnico de campo	Segunda aplicación edáfica

INSTRUMENTO 5: PROTOCOLO DE EVALUACIÓN BIOMÉTRICA

CRONOGRAMA DE EVALUACIONES

Evaluación	Días después del trasplante	Variables a medir	Fecha programada	Fecha real
Primera	40 días	Altura, N° hojas, Diámetro	15/03/2025	15/03/2025

Evaluación	Días después del trasplante	Variables a medir	Fecha programada	Fecha real
Segunda	55 días	Altura, N° hojas, Diámetro	30/03/2025	30/03/2025
Tercera	85 días	Altura, N° hojas, Diámetro	19/04/2025	19/04/2025

PROCEDIMIENTOS ESTÁNDAR

**Para medición de altura:**

1. Utilizar regla graduada o cinta métrica
2. Medir desde la base del tallo hasta el ápice
3. Realizar medición en horas de la mañana (8:00-10:00 AM)
4. Registrar en centímetros con un decimal

**Para conteo de hojas:**

1. Contar únicamente hojas verdaderas completamente expandidas
2. No incluir hojas cotiledonares
3. No contar hojas dañadas o marchitas
4. Registrar número entero

**Para medición de diámetro:**

1. Utilizar calibrador vernier
2. Medir a 2 cm desde la base del tallo
3. Realizar medición perpendicular al eje del tallo
4. Tomar la medida con tallo seco (sin humedad superficial)
5. Registrar en milímetros con un decimal

INSTRUMENTO 6: FICHA DE CONDICIONES AMBIENTALES

REGISTRO DEL 15/03/2025 (40 días)

**Fecha:** 15/03/2025  
**Hora de registro:** 08:30 AM

Parámetro	Unidad	Valor	Instrumento usado	Observaciones
Temperatura ambiente	°C	22.0	Termómetro digital	Condiciones favorables
Humedad relativa	%	68	Higrómetro	Humedad adecuada
Precipitación	mm	0.0	Pluviómetro	Día seco
Horas de sol	horas	8.5	Observación directa	Día soleado
Velocidad del viento	m/s	2.1	Anemómetro	Viento suave

**Condiciones del suelo:**

- pH: 6.8
- Humedad del suelo: 45%
- Temperatura del suelo: 18°C

REGISTRO DEL 30/03/2025 (55 días)

**Fecha:** 30/03/2025  
**Hora de registro:** 09:00 AM

Parámetro	Unidad	Valor	Instrumento usado	Observaciones
Temperatura ambiente	°C	20.0	Termómetro digital	Día fresco
Humedad relativa	%	75	Higrómetro	Mayor humedad
Precipitación	mm	2.5	Pluviómetro	Llovizna matinal
Horas de sol	horas	6.0	Observación directa	Parcialmente nublado
Velocidad del viento	m/s	1.8	Anemómetro	Viento ligero

**Condiciones del suelo:**

- pH: 6.9
- Humedad del suelo: 52%
- Temperatura del suelo: 17°C

REGISTRO DEL 19/04/2025 (85 días)

**Fecha:** 19/04/2025  
**Hora de registro:** 08:45 AM

Parámetro	Unidad	Valor	Instrumento usado	Observaciones
Temperatura ambiente	°C	24.0	Termómetro digital	Día cálido
Humedad relativa	%	62	Higrómetro	Humedad moderada
Precipitación	mm	0.0	Pluviómetro	Día seco
Horas de sol	horas	9.2	Observación directa	Día despejado
Velocidad del viento	m/s	2.3	Anemómetro	Viento moderado

**Condiciones del suelo:**

- pH: 7.0
- Humedad del suelo: 40%

- Temperatura del suelo: 20°C

---

## INSTRUMENTO 7: HOJA DE CÁLCULO PARA ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### DISEÑO EXPERIMENTAL

- **Diseño:** Factorial 2x2 con testigos
- **Factores:**
  - Factor A: Método de aplicación (2 niveles)
  - Factor B: Variedad (2 niveles)
- **Repeticiones:** 3
- **Total de unidades experimentales:** 18

TABLA ANOVA - ALTURA DE PLANTAS A LOS 85 DÍAS

Fuente de Variación	de GL	SC	CM	F calc	F (α=0.05)	tabla	Significancia
Factor A (Método)	1	274.65	274.65	45.63	7.71		**
Factor B (Variedad)	1	4533.21	4533.21	753.24	7.71		**
Interacción A×B	1	27.68	27.68	4.60	7.71		NS
Tratamientos vs Testigo	1	156.32	156.32	25.98	7.71		**
Error	12	72.24	6.02				
Total	17	5064.10					

CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS - ALTURA A LOS 85 DÍAS

- **Coefficiente de Variación (CV):** 3.26%
- **Desviación Estándar:** 2.45 cm
- **Error Estándar:** 1.41 cm

**Significancia:** \*\* = Altamente significativo ( $P < 0.01$ ), NS = No significativo

---

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

**Fecha de validación:** 01/02/2025

**Validado por:** Ing. Jarol Hilbert BERROSPI BORDA

**Cargo:** Investigador del Centro Experimental de Huariaca - UNDAC

**Firma:** J.H. Berrospi B.

### Observaciones y recomendaciones:

- Los instrumentos de recolección de datos están correctamente estructurados para el diseño experimental factorial propuesto.

- Se recomienda realizar las mediciones siempre en horarios matutinos para mantener condiciones estándar.
- Es importante registrar las condiciones climáticas en cada evaluación para el análisis posterior.
- Los procedimientos de medición están claramente definidos y son reproducibles.



ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD

PROYECTO: "Efecto de dos métodos de fertilización en la germinación y crecimiento del rocoto ( <i>Capsicum pubescens</i> ) y el ají amarillo ( <i>Capsicum baccatum</i> ), en el centro experimental de Huariaca – UNDAC - 2024"			
COMPONENTE	ASPECTO	ESPECIFICACIÓN	CRITERIO/PARÁMETRO
1. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	Calibración de equipos	Balanza analítica.	Precisión: $\pm 0.01g$ , $\pm 0.1mm$
	Revisión de expertos	Panel de 2 especialistas	Matriz de validación aprobada
2. DISEÑO EXPERIMENTAL	Tipo de diseño	DCA factorial 2x2x2	8 tratamientos
	Factores	A: Especie, B: Fertilización, C: Dosis	2 niveles c/u
	Repeticiones	4 repeticiones/tratamiento	64 unidades experimentales
	Unidades experimentales	Macetas uniformes	500 mL capacidad
3. CONTROL AMBIENTAL	Temperatura	Monitoreo cada 2 horas	$22 \pm 2^{\circ}C$
	Humedad relativa	Sistema automático	$70 \pm 5\%$
	Fotoperiodo	Lámparas LED	12/12 h luz/oscuridad
	Intensidad lumínica	Luxómetro calibrado	$200 \pm 20 \mu mol/m^2/s$
4. CONFIABILIDAD ESTADÍSTICA	Nivel de confianza	Análisis estadístico	$\alpha = 0.05$ (95%)
	Potencia estadística	Detección de diferencias	$\beta = 0.20$ (80%)
	Diferencia mínima	Entre tratamientos	15%
	Tamaño de muestra	Repeticiones calculadas	$n = 4$
5. CONSISTENCIA INTERNA	Coeficiente ICC	Mediciones repetidas	$ICC \geq 0.75$
	Coeficiente de variación	Variables principales	$CV \leq 15\%$
	Test de normalidad	Shapiro-Wilk	$p > 0.05$
	Homogeneidad	Test de Levene	$p > 0.05$
6. PROCEDIMIENTOS ESTANDARIZADOS	Preparación de semillas	Protocolo documentado	Desinfección uniforme
	Aplicación de tratamientos	Cronograma establecido	Dosis exactas
	Riego	Volumen y frecuencia	Estandarizado
	Mediciones	Técnicas validadas	Formatos preestablecidos
7. CONTROL DE CALIDAD	Supervisión diaria	Condiciones ambientales	Registro continuo
	Evaluación semanal	Variables de crecimiento	Medición sistemática
	Validación de datos	Doble digitación	Verificación cruzada
	Criterios de exclusión	Plantas enfermas/datos erróneos	Protocolo definido
8. CRONOGRAMA	Fase I: Validación previa	Semanas 1-2	Calibración, prueba piloto

	Fase II: Implementación	Semanas 3-16	Experimento principal
	Fase III: Validación posterior	Semanas 17-18	Análisis de confiabilidad
<b>9. DOCUMENTACIÓN</b>	Registros obligatorios	Hojas de campo, fotografías	Firmas de responsables
	Almacenamiento	Respaldo digital	3 ubicaciones diferentes
	Formato de datos	Archivos compatibles	.xlsx, .csv
	Trazabilidad	Codificación única	Cada unidad experimental
<b>10. RESPONSABILIDADES</b>	Investigador Principal	Supervisión general	Validación final
	Investigadores Asociados	Ejecución y mediciones	Registro diario
	Asesor Estadístico	Diseño y análisis	Interpretación de resultados

## PANEL FOTOGRAFICO



**Figura 1.** Inicio del proceso de germinación.

**Figura 2.** Se visualiza el riego para el proceso de germinación.







**Figura 3.** En el grafico se puede visualizar los empaques utilizados en el procedimiento inicial.



**Figura 4.** Toma fotográfica del equipo investigador.





**Figura 5.** Toma fotográfica del equipo investigador.



**Figura 6.** Toma fotográfica junto al equipo evaluador del ICI.