

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



TEMA:

EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE PAPA (*Solanum tuberosum*), PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.), AJÍ (*Capsicum annuum*) Y TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO INVERNADERO EN CARCHI.

Trabajo de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Chamorro Chunes Jefferson Stalin

DIRECTORA:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Ibarra, 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE
PAPA (*Solanum tuberosum*), PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.), AJÍ (*Capsicum annuum*)
Y TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO INVERNADERO EN CARCHI.**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Jefferson Andrade Msc.

ASESOR

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401985536		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chamorro Chunes Jefferson Stalin		
DIRECCIÓN:	San Gabriel-Montufar-Carchi		
EMAIL:	jschamorro@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0963979896
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i>), PIMIENTO (<i>Capsicum annuum</i> L.), AJÍ (<i>Capsicum annuum</i>) Y TOMATE RIÑÓN (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) BAJO INVERNADERO EN CARCHI		
AUTOR (ES):	Chamorro Chunes Jefferson Stalin		
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	05 de enero del 2026		
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario		
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.		

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (a) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de enero de 2026

EL AUTOR:

Chamorro Chunes Jefferson Stalin

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Chamorro Chunes Jefferson Stalin, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 05 días del mes de enero de 2026

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 05 días del mes de enero de 2026

Jefferson Stalin Chamorro Chunes: “EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE PAPA (*Solanum tuberosum*), PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.), AJÍ (*Capsicum annuum*) Y TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO INVERNADERO EN CARCHI” / Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 05 días del mes de enero de 2026, 85 páginas.

DIRECTOR (A): Julia Karina Prado Beltrán PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la transmisión de punta morada en plantas de papa (*Solanum tuberosum*), pimiento (*Capsicum annuum* L.), ají (*Capsicum annuum*) y tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero en Carchi.

- Analizar la sintomatología de punta morada en los cuatro cultivos en estudio bajo condiciones de invernadero durante la etapa de vivero y etapa vegetativa.
- Determinar la severidad de daño en las plantas de papa, pimiento, ají y tomate riñón.

.....
Ing. Julia Karina Beltrán PhD.

Directora de Trabajo de Grado

.....
Jefferson Stalin Chamorro Chunes

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica del Norte, institución que me abrió las puertas para formarme profesionalmente, y a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para crecer como persona y futuro profesional. Mi sincero reconocimiento a la Doctora Julia Prado, directora de este trabajo, por su guía, paciencia y valiosas sugerencias durante el desarrollo de esta tesis. A mi familia, por ser mi pilar fundamental, por su amor incondicional, su apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. A mis amigos, por acompañarme en este camino con su compañía, motivación y palabras de aliento. Un especial agradecimiento a la familia Hernández Arévalo, por su apoyo desinteresado, por compartir sus conocimientos y por brindarme su confianza durante el proceso de esta investigación.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría para avanzar; a la Purita, por su protección, por acompañarme en silencio, por darme serenidad en mis momentos difíciles y por llenar mi vida de esperanza con su amor; a mis padres, quienes con su ejemplo, esfuerzo y cariño han marcado mi camino y me han enseñado a levantarme y seguir adelante sin rendirme; a mis hermanos, por su apoyo, compañía y por ser parte fundamental de mi motivación; a una persona especial cuyo apoyo sincero y presencia hicieron más llevadera esta etapa; y a mi hijo, mi más grande bendición y motor de vida, a quien dedico este logro con todo mi corazón.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO	viii
INDICE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema de investigación.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Generalidades de los cultivos	6
2.1.1 Solanáceas	6
2.1.2 Taxonomía.....	6
2.1.3 Papa	7
2.1.3.1 Fenología.....	7
2.1.3.2 Características de la semilla.....	8
2.1.4 Pimiento.....	8
2.1.4.1 Fenología.....	8
2.1.4.2 Características de la semilla.....	9
2.1.5. Ají.....	9
2.1.4.2. Características de la semilla.....	10
2.1.6 Tomate riñón.	10
2.1.5.2. Característica de la semilla	11
2.2 Enfermedad de Punta Morada en solanáceas	12
2.2.1 Agente causal	12
2.2.2 Insecto vector	13

2.2.3 Transmisión.....	14
2.2.4 Detección.....	14
2.3 Trasmisión de enfermedades a través de semilla	15
2.3.1 Síntomas de la enfermedad de punta morada	15
2.3.1.1 Síntomas causados por fitoplasmas	16
2.3.1.2 Sintomatología de la enfermedad en papa	17
2.4 Transmisión de enfermedades por semillas.....	17
2.5 Manejo de las semillas	18
CAPITULO III.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Descripción del área de estudio.....	20
3.2 Materiales	21
3.3 Métodos.....	21
3.3.1 Factor en estudio	22
3.3.2 Tratamientos.....	22
3.3.3 Diseño experimental.....	23
3.3.4 Características del experimento.....	24
3.3.4.1 Características de la unidad experimental.....	24
3.3.5 Análisis estadístico	25
3.3.6 Variables a evaluarse.....	25
3.3.6.1 Porcentaje de germinación.....	26
3.3.6.2 Índice de mortalidad	26
3.3.6.3. Cambios físicos de las plantas	26
3.3.6.4 Número de plantas sanas y enfermas	27
3.3.6.5 Sintomatología de Punta Morada.....	27
3.3.6.6 Días de aparición de síntomas.....	27
3.3.6.7 Número de frutos	27
3.4. Manejo del experimento.....	27
3.4.1. Adquisición de semillas.....	27
3.4.2. Adecuamiento del invernadero.....	28
3.4.3. Germinación	28
3.4.4. Construcción de cajas de aislamiento.....	29
3.4.5. Trasplante	29

3.5.6. Labores culturales.....	30
CAPITULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Porcentaje de germinación de los cultivos en estudio	31
4.2 Índice de mortalidad en plántulas.....	32
4.3 Temperatura de desarrollo en la etapa vegetativa	32
4.4 Cambios físicos de las plantas evaluadas	33
4.4.1 Altura de la planta (cm).....	33
4.4.1.1 Papa.....	33
4.4.1.2 Ají	35
4.4.1.3. Pimiento	36
4.4.1.3 Tomate riñón.....	38
4.4.2 Numero de hojas.....	39
4.4.2.1 Papa.....	40
4.4.2.2 Ají	41
4.4.2.3 Pimiento	43
4.4.2.4 Tomate riñón.....	44
4.4.3 Número de flores	46
4.4.3.1 Papa.....	46
4.4.3.2. Ají	47
4.4.3.3. Pimiento	48
4.4.3.4 Tomate riñón.....	50
4.5 Numero de plantas enfermas	52
4.6 Sintomatología de punta morada	53
4.7 Días de aparecimiento de síntomas	54
4.8. Número de frutos.....	56
4.8.1. Pimiento.....	56
4.8.1. Tomate riñón	57
CAPÍTULO V.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1 Conclusiones	63
5.2 Recomendaciones	64
REFERENCIAS.....	65

INDICE TABLAS

Tabla 1	<i>Clasificación taxonómica de los cultivos de papa, pimiento, ají y tomate riñón.</i>	7
Tabla 2	<i>Ubicación geográfica y climática del lugar en donde se realizará la investigación.</i>	20
Tabla 3	<i>Materiales y equipos utilizados en la fase de campo de la investigación.</i>	21
Tabla 4	<i>Tratamientos a evaluar en la investigación.</i>	22
Tabla 5	<i>Características del experimento de transmisión de punta morada.</i>	24
Tabla 6	<i>Características de la unidad experimental.</i>	24
Tabla 7	<i>Porcentaje de germinación y mortalidad de semillas según el origen y la especie.</i>	31
Tabla 8	<i>Varianza de la variable altura del cultivo de papa.</i>	34
Tabla 9	<i>Análisis de varianza de la variable altura del cultivo de ají.</i>	35
Tabla 10	<i>Análisis de varianza de la variable altura del cultivo de pimiento.</i>	36
Tabla 11	<i>Análisis de varianza de la variable altura del cultivo de tomate riñón.</i>	38
Tabla 12	<i>Análisis de varianza de la variable número de hojas del cultivo de papa.</i>	40
Tabla 13	<i>Análisis de varianza de la variable número de hojas del cultivo de ají.</i>	41
Tabla 14	<i>Análisis de varianza de la variable número de hojas del cultivo de pimiento.</i>	43
Tabla 15	<i>Análisis de varianza de la variable número de hojas del cultivo de tomate riñón.</i>	44
Tabla 16	<i>Análisis de varianza de la variable número de flores del cultivo de papa.</i>	46
Tabla 17	<i>Análisis de varianza de la variable número de flores del cultivo de ají.</i>	47
Tabla 18	<i>Análisis de varianza de la variable número de flores del cultivo de pimiento.</i>	49
Tabla 19	<i>Análisis de varianza de la variable número de flores del cultivo de pimiento.</i>	50
Tabla 20	<i>Porcentaje de mortalidad, plantas sanas y enfermas según origen y especie.</i>	52
Tabla 21	<i>Principales síntomas visibles de punta morada presentes en las plantas de papa, ají, pimiento y tomate riñón originarias de plantas enfermas.</i>	53
Tabla 22	<i>Días después del trasplante en el que aparecieron los síntomas de las cuatro especies en estudio de origen de semilla sana.</i>	54
Tabla 23	<i>Análisis de varianza de la variable número de frutos del cultivo de pimiento.</i>	56
Tabla 24	<i>Análisis de varianza de la variable número de frutos del cultivo de tomate riñón.</i>	57
Tabla 25	<i>Comparación de la calidad y producción de frutos de papa, pimiento y tomate riñón entre plantas sanas y enfermas.</i>	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Fenología de las plantas de papa</i>	8
Figura 2 <i>Fenología del pimiento</i>	9
Figura 3 <i>Fenología del ají</i>	10
Figura 4 <i>Fenología del tomate riñón</i>	11
Figura 5 <i>Ciclo de vida resumido de <i>Bactericera cockerelli</i></i>	13
Figura 6 <i>Adulto del psílido de la papa (<i>Bactericera cockerelli</i>)</i>	14
Figura 7 <i>Síntomas de punta morada en papa</i>	17
Figura 8 <i>Ubicación geográfica del lugar en estudio</i>	20
Figura 9 <i>Diseño de bloques</i>	23
Figura 10 <i>Unidad experimental del diseño en bloques con parcelas divididas</i>	24
Figura 11 <i>Cultivo de papa</i>	26
Figura 12 <i>Semillas del cultivo de ají</i>	28
Figura 13 <i>Adecuamiento del invernadero</i>	28
Figura 14 <i>Germinación de las plantas de los cuatro cultivos en estudio</i>	29
Figura 15 <i>Construcción de cajas entomológicas</i>	29
Figura 16 <i>Planta de papa de origen sano lista para el trasplante</i>	30
Figura 17 <i>Toma de datos</i>	30
Figura 18 <i>Temperatura dentro del invernadero, durante el desarrollo de los cultivos en estudio</i>	32
Figura 19 <i>Altura de planta a los días después del trasplante del cultivo de papa</i>	34
Figura 20 <i>Altura de planta a los días después del trasplante del cultivo de ají</i>	36
Figura 21 <i>Altura de planta a los días después del trasplante del cultivo de pimiento</i>	37
Figura 22 <i>Altura de planta a los días después del trasplante del cultivo de tomate riñón</i>	39
Figura 23 <i>Número de hojas a los días después del trasplante del cultivo de papa</i>	41
Figura 24 <i>Número de hojas a los días después del trasplante del cultivo de ají</i>	42
Figura 25 <i>Número de hojas a los días después del trasplante del cultivo de pimiento</i>	44
Figura 26 <i>Número de hojas a los días después del trasplante del cultivo de tomate riñón</i>	45
Figura 27 <i>Número de flores a los días después del trasplante del cultivo de papa</i>	47
Figura 28 <i>Número de flores a los días después del trasplante del cultivo de ají</i>	48
Figura 29 <i>Número de flores a los días después del trasplante del cultivo de pimiento</i>	49
Figura 30 <i>Número de flores a los días después del trasplante del cultivo de tomate riñón</i>	51
Figura 31 <i>Cultivo de papa con incidencia de tallos en zigzag</i>	54

Figura 32 <i>Engrosamiento de nudos en el cultivo de ají</i>	55
Figura 33 <i>Número de frutos a los días después del trasplante del cultivo de pimiento</i>	56
Figura 34 <i>Número promedio de flores, frutos y frutos cosechados en plantas de pimiento provenientes de semillas de plantas enfermas y sanas.</i>	57
Figura 35 <i>Número de frutos a los días después del trasplante del cultivo de tomate riñón</i>	58
Figura 36 <i>Número promedio de flores, frutos y frutos cosechados en plantas de tomate riñón provenientes de semillas de plantas enfermas y sanas.</i>	58
Figura 37 <i>Tubérculos obtenidos del cultivo de papa</i>	61
Figura 38 <i>Pimientos cosechados de plantas sanas</i>	61
Figura 39 <i>Frutos cosechados de las plantas de tomate riñón</i>	62

EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE PAPA (*Solanum tuberosum*), PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.), AJÍ (*Capsicum annuum*) Y TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO INVERNADERO EN CARCHI

Autor : Chamorro Chunes Jefferson Stalin

Universidad Técnica del Norte

Correo: jschamorro@utn.edu.ec

RESUMEN

La enfermedad de Punta Morada ha provocado grandes pérdidas económicas en cultivos de solanáceas en Ecuador, especialmente en papa (*Solanum tuberosum*), pimiento (*Capsicum annuum* L.), ají (*Capsicum annuum*) y tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.). Por lo que, el objetivo de esta investigación se enfocó en evaluar la transmisión de Punta Morada, sintomatología y severidad de daño en las cuatro especies mencionadas bajo condiciones de invernadero en el cantón Montúfar, Carchi. El diseño experimental establecido fue de bloques completos al azar con parcelas divididas, comparando semillas sanas y enfermas en las especies descritas anteriormente. Las variables evaluadas comprenden crecimiento, fructificación y sintomatología. Los resultados mostraron que las variables medidas en plantas provenientes de semillas sanas en las diferentes especies superaron a las plantas provenientes de semillas enfermas. La papa de semilla sana alcanzó una altura de 115 cm y fue estadísticamente diferente ($p < 0.0001$) con respecto a las plantas de semillas enfermas (90 cm). En pimiento, las plantas de semillas sanas produjeron 27 frutos frente a 14 en las enfermas, con mayor peso y calidad. De igual manera, los síntomas aparecieron a partir de los 94 días después del trasplante, siendo más frecuentes y severos en plantas enfermas. Donde pimiento y ají obtuvieron el 100% de plantas enfermas seguido del tomate riñón (46.67%) y finalmente papa (33.33%). La totalidad de las plantas de semillas sanas permanecieron libres de síntomas. Esta investigación sugiere la posible transmisión de punta morada a través de semillas originarias de plantas enfermas.

Palabras clave: síntomas, solanáceas, *Bactericera cockerelli*, fitoplasma

ABSTRACT

The Purple Top disease has caused significant economic losses in solanaceous crops in Ecuador, especially in potato (*Solanum tuberosum*), pepper (*Capsicum annuum* L.), chili (*Capsicum annuum*), and tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Therefore, the objective of this research focused on evaluating the transmission of Purple Top disease, symptomatology, and severity of damage in the four mentioned species under greenhouse conditions in the Montúfar canton, Carchi province. The experimental design used was a randomized complete block design with split plots, comparing healthy and infected seeds in the previously mentioned species. The evaluated variables included growth, fruit production, and symptomatology. The results showed that plants from healthy seeds outperformed those from infected seeds across all evaluated species. In potato, plants from healthy seeds reached a height of 115 cm, which was statistically different ($p < 0.0001$) compared to plants from infected seeds (90 cm). In pepper, plants from healthy seeds produced 27 fruits versus 14 in the infected ones, with greater weight and quality. Similarly, symptoms appeared from 94 days after transplanting, being more frequent and severe in plants from infected seeds. Pepper and chili had 100% of plants showing symptoms, followed by tomato (46.67%) and potato (33.33%). All plants from healthy seeds remained symptom-free. This research suggests the possible transmission of Purple Top disease through seeds originating from infected plants.

Keywords: Symptoms, solanaceous crops, *Bactericera cockerelli*, phytoplasma.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las plantas solanáceas son una familia que se encuentran dentro de las angiospermas estas suelen ser herbáceas o arbustivas. Las solanáceas se encuentran agrupadas en 95 géneros aproximadamente, de las cuales se han descubierto más de 2500 especies distintas. Además, estas vegetaciones son conocida por su amplia diversidad pueden ser anuales, bianuales, perennes o en su mayoría suelen tener tubérculos subterráneos. Por lo general, las plantas influyen de manera directa a la importancia económica de un país ya que son fáciles de comercializar entre ellas encontramos a las papas, el tomate y pimiento que son las más consumidas por las personas

Los cultivos pertenecientes a la familia de las solanáceas, como la papa (*Solanum tuberosum*), el tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), el pimiento y el ají (*Capsicum annuum*), representan una fuente esencial de alimentación y de ingresos económicos para miles de familias en el Ecuador. En provincias como Carchi, estos cultivos tienen una fuerte presencia en la agricultura local, donde son sembrados tanto para el autoconsumo como para su comercialización a nivel provincial y nacional. Sin embargo, a pesar de su importancia productiva, estos cultivos enfrentan diversos problemas fitosanitarios que amenazan su rendimiento y calidad (Aldás, 2019).

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2018) la enfermedad conocida como punta morada afecta principalmente a cultivos pertenecientes a la familia de las solanáceas, entre ellos la papa (*Solanum tuberosum*), uvilla, tomate riñón, tomate de árbol, pimiento, berenjena (*Solanum melongena*) y ají, entre otros. Sin embargo, el mayor impacto se ha observado en el cultivo de papa, ya que la enfermedad deteriora gravemente el tubérculo, afectando tanto su desarrollo como su calidad comercial. Según Vega (2022) En el contexto ecuatoriano, la punta morada se ha convertido en una de las principales amenazas para los productores, debido a las pérdidas económicas que genera y a su rápida propagación, por lo que es considerada una epidemia de alto riesgo fitosanitario.

La enfermedad de punta morada fue identificada por primera vez en los años 2012-2013 en la provincia del Carchi, ubicada al norte del Ecuador, considerada desde entonces el

epicentro del brote. Posteriormente, se han registrado al menos dos rebrotes importantes: el primero entre los años 2015-2016 y el más reciente durante el periodo 2018-2019, provocando nuevamente daños significativos a los agricultores de la región. La recurrencia de estos brotes evidencia la persistencia del problema y la necesidad urgente de fortalecer las estrategias de prevención, diagnóstico y manejo (Espinoza, 2020).

En el contexto ecuatoriano, la enfermedad conocida como punta morada (PM) ha provocado pérdidas productivas de hasta el 100 % en diversos cultivos, especialmente en la papa y otras solanáceas. Es decir, esta patología es causada principalmente por fitoplasmas y se transmite a través del insecto vector *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae). En un inicio, este insecto fue considerado una plaga de aparición ocasional, ya que su presencia generaba brotes esporádicos y de bajo impacto. No obstante, su comportamiento ha evolucionado con el tiempo, adoptando un patrón más agresivo y persistente, su capacidad de alimentarse del floema de las plantas hospederas ha generado múltiples síntomas visibles, entre ellos el enroscamiento foliar, el amarillamiento progresivo, clorosis, retraso en el desarrollo vegetativo e incluso la muerte de las plantas afectadas (Navarrate, 2021).

Sin bien es cierto, las enfermedades pueden ser transmitidas por semilla debido a diferentes vectores como: insectos, hongos y nematodos, la semilla permite a estos vectores alojarse en ella de tal forma que pueden trasladarse a regiones o países lejanos, como también pueden ser el principal foco de una nueva enfermedad o virus en el campo. La transmisión por semillas representa una pérdida económica para los agricultores, es por ello que al introducir semillas de diferentes países estas deben encontrarse sanas o poseer una certificación que el lugar de donde provienen se encuentre libre de enfermedades o virus (Garcés, 2023).

1.2 Problema de investigación

La enfermedad de punta morada es considerada uno de los principales problemas fitosanitarios para la producción de papa (*Solanum tuberosum*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en Ecuador; lo que ha ocasionado pérdidas significativas en las áreas productivas del país. La enfermedad está causada por 2 grupos de fitoplasmas, *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* y *Candidatus Phytoplasma atteris*, los cuales se alojan y alimentan del floema de la planta y son transportados por insectos vectores. Es así que, el vector infecta con fitoplasmas a la planta incidiendo en los conductos vasculares los cuales son los encargados de transportar

el floema a tejidos vasculares como: raíces, hojas, tallos, ramas, brotes y frutos. Por lo general, son de difícil detección lo que ha provocado problemas de control, costos elevados, pérdidas de calidad de frutos y tubérculos (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2018).

Además, las semillas pueden ser fuente de alojamiento para la propagación de punta morada. De igual forma, la compra y venta de semillas sin certificación provoca que la enfermedad se expanda en zonas agrícolas, lo que conlleva a los agricultores a la siembra de cultivos diferentes ocasionando la pérdida de especies nativas y se vuelvan más susceptibles a enfermedades. Sin embargo, la falta de conocimiento de PM ha ocasionado; pérdidas económicas, uso excesivo de agroquímicos y menor ingreso lo que genera daños a nivel nacional (Navarrete, 2021). Por otro lado, no se han encontrado investigaciones en las que se demuestre que la enfermedad punta morada sea transmitida por tubérculos o semillas. Asimismo, la evaluación de semillas enfermas ayudara a conocer si estas pueden ser usadas o no con el fin de evitar la expansión y brotes de PM que afecten a cultivos de solanáceas en el país.

1.3 Justificación

La producción agrícola de cultivos como papa, ají, pimiento y tomate riñón representa una actividad de vital importancia para la seguridad alimentaria y la economía local de muchas regiones del Ecuador, especialmente en la provincia del Carchi. No obstante, estos cultivos han sido severamente afectados por enfermedades emergentes como la punta morada, ocasionada por fitoplasmas y transmitida principalmente por el insecto *Bactericera cockerelli* (Carrillo, 2021). Por lo tanto, esta enfermedad, por su rápida diseminación y difícil control, ha generado un alto nivel de pérdidas económicas, comprometiendo el sustento de cientos de familias productoras.

El uso de semillas no certificadas ocasiona el 40% del descenso en el rendimiento de los cultivos y a la vez pérdidas económicas. En Ecuador el uso de semillas certificadas de papa es bajo debido a que en las zonas productivas usan restos de la cosecha anterior como tubérculos, siendo esta la práctica mayor utilizada por los productores de este cultivo. Además, el uso de semillas certificadas es inferior al 1.5%. Esto se origina por la falta de capacitaciones y oferta de semillas a los productores (Velasquez, 2016).

La presente investigación tiene como fin evaluar la transmisión de punta morada por semillas de plantas solanáceas. Como también, evitar la propagación de semillas enfermas lo

cual ayuda a restringir pérdidas al agricultor. Es por ello, que desde la aparición de punta morada el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2018), inició rápidamente con investigaciones con el fin de determinar la enfermedad y forma de transmisión. Así también, la enfermedad ha provocado pérdidas a grandes escalas lo que ha causado alteración en la seguridad alimentaria del país. Por otro lado, no existe un registro que señale que punta morada sea transmitida por semillas.

El estudio cobra relevancia por la necesidad de contar con evidencia empírica que permita esclarecer el papel que juegan las semillas como posibles transmisoras del fitoplasma asociado a la punta morada. Hasta el momento, gran parte de los esfuerzos en investigación y manejo han estado centrados en el vector insectil *Bactericera cockerelli*, dejando una brecha importante en torno a la posible transmisión por material vegetal infectado. La ausencia de información precisa limita la implementación de estrategias de control efectivas y sostenibles, y puede estar conduciendo a decisiones agronómicas basadas en supuestos, más que en datos comprobados.

Asimismo, el presente trabajo busca generar una base científica que oriente futuras políticas públicas en materia de sanidad vegetal, certificación de semillas y bioseguridad agrícola. Es por eso que, según los resultados obtenidos de confirmación de semillas infectadas, se podrá realizar protocolos de producción y distribución de material de siembra, contribuyendo a una agricultura más resiliente. De igual forma, el estudio pretende fortalecer las capacidades técnicas locales, promoviendo prácticas agrícolas fundamentadas en la prevención, el diagnóstico temprano y la gestión integrada de enfermedades, en beneficio directo de los agricultores y del sistema productivo nacional.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la transmisión de punta morada en plantas de papa (*Solanum tuberosum*), pimiento (*Capsicum annuum* L.), ají (*Capsicum pubescens*) y tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero en Carchi.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar la sintomatología de punta morada en los cuatro cultivos en estudio bajo condiciones de invernadero durante la etapa de vivero y etapa vegetativa.

- Determinar la severidad de daño en las plantas de papa, pimiento, ají y tomate riñón.

1.5 Hipótesis

Hipótesis alternativa (Ha)

Las semillas originarias de plantas enfermas son inóculo de transmisión de punta morada en los cuatro cultivos de especies solanáceas.

Hipótesis nula (Ho)

Las semillas originarias de plantas enfermas no son inóculo de transmisión de punta morada en los cuatro cultivos de especies solanáceas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de los cultivos

2.1.1 *Solanáceas*

La familia de las solanáceas, incluye plantas como papa, tomates, pimientos y berenjenas es de gran importancia mundial para la agricultura. Es así, que estas especies de plantas se cultivan de todo el mundo y desempeñan un papel importante en la nutrición humana. Es por ello, que las solanáceas se cultivan en diversos climas, desde regiones templadas hasta tropicales. Sin embargo, el cultivo requiere una cuidadosa preparación del suelo debido a que son sensibles a la humedad del suelo, los niveles de nutrientes y el pH. Por lo general, los cultivos son susceptibles a diversas enfermedades y plagas lo que ocasiona el uso de pesticidas, lo que su vez puede tener impactos ambientales (Martínez, 2017).

2.1.2 *Taxonomía*

La clasificación taxonómica constituye un elemento esencial dentro del estudio botánico, ya que permite comprender las relaciones filogenéticas y características morfológicas que comparten las especies pertenecientes a la familia *Solanaceae*. El grupo agrupa cultivos de gran importancia económica y alimentaria, como la papa (*Solanum tuberosum*), el pimiento y el ají (*Capsicum annuum*), y el tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), ampliamente cultivados en distintas regiones del Ecuador. La organización sistemática de estas especies, basada en criterios morfológicos y genéticos, facilita su identificación y el análisis comparativo de su comportamiento agronómico frente a factores bióticos y abióticos.

En la Tabla 1 se detalla la clasificación taxonómica de dichos cultivos, destacando su pertenencia al reino *Plantae*, al orden *Solanales* y a la familia *Solanaceae*, lo que evidencia su estrecha relación evolutiva y su relevancia dentro de los sistemas agrícolas del país:

Tabla 1

Clasificación taxonómica de los cultivos de papa, pimiento, ají y tomate riñón.

Taxonomía	Papa	Pimiento	Ají	Tomate riñón
Reino	Plantae	Plantae	Plantae	Plantae
División	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Magnoliopsida	Magnoliopsida	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae	Asteridae	Asteridae	Asteridae
Orden	Solanales	Solanales	Solanales	Solanales
Familia	Solanaceae	Solanaceae	Solanaceae	Solanaceae
Genero	<i>Solanum</i>	<i>Capsicum</i>	<i>Capsicum</i>	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>	<i>Capsicum annuum</i>	<i>Capsicum pubescens</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>

2.1.3 Papa

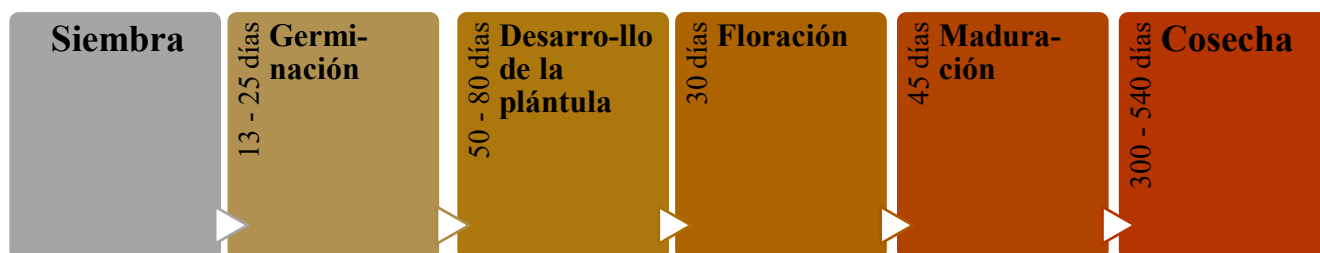
El cultivo de la papa representa uno de los alimentos de mayor relevancia a nivel global, situándose en el tercer lugar en cuanto a consumo humano, solo por detrás del arroz y el trigo. En este sentido, se estima que alrededor de 1 400 millones de personas la incluyen regularmente en su dieta. En el contexto ecuatoriano, la papa ocupa el segundo lugar en importancia agrícola dentro de la región Sierra, destacándose por su amplia diversidad, que supera las 500 variedades con distintas tonalidades y sabores. Entre las más reconocidas se encuentran la Chola, Gabriela y Chaucha. Como resultado de esta relevancia productiva, la producción total de papa supera los 300 millones de toneladas métricas a nivel mundial.

2.1.3.1 Fenología

Las etapas fenológicas del cultivo de papa se refieren a las diferentes etapas de desarrollo que atraviesa la planta desde la siembra hasta la cosecha. Es así, que este cultivo está dividido en 5 fases, iniciando desde la fase de emergencia o brotación (Fase 1), así hasta la fase de maduración y cosecha (fase 5). Sin embargo, la duración de la etapa fenológica de este cultivo se ve determinada por la variedad y las condiciones agroclimáticas de las zonas productivas. Es por ello, que la duración de las fases fenológicas de la papa varía en un promedio de 120 a 180 días (Cifuentes, 2017).

Figura 1

Fenología de las plantas de papa



2.1.3.2 Características de la semilla

Según Monge (2022) en el cultivo de la papa, el fruto que se desarrolla es una baya, producto de la fecundación del ovario de la flor. En su interior se forman las semillas botánicas, conocidas también como óvulos fecundados, desarrollados y completamente maduros. Cada baya puede contener hasta 400 granos, las cuales, aunque son viables, no se utilizan comúnmente en la propagación comercial del cultivo. En cambio, la papa se reproduce principalmente por medios asexuales, es decir, a través de tubérculos, lo que garantiza uniformidad genética en la producción. No obstante, las semillas botánicas son esenciales para los programas de mejoramiento genético, ya que permiten introducir nuevas características en las variedades cultivadas, como resistencia a enfermedades o adaptación a diferentes condiciones climáticas. Por lo tanto, aunque poco utilizadas en el campo agrícola tradicional, estos granos representan un recurso valioso para la innovación y sostenibilidad del cultivo a largo plazo.

2.1.4 Pimiento

El pimiento (*Capsicum annuum*) es un cultivo originario de Sudamérica actualmente se produce 18 millones de toneladas en el mundo. Según, Monge (2022) en Ecuador el cultivo de pimiento se ha visto favorecido ya que las características geográficas, climáticas y los suelos son adecuados para su desarrollo. Siendo, las provincias más productoras de este cultivo Guayas, Santa Elena, Manabí, El Oro, Imbabura, Chimborazo y Loja las cuales son apropiadas para la producción de pimiento.

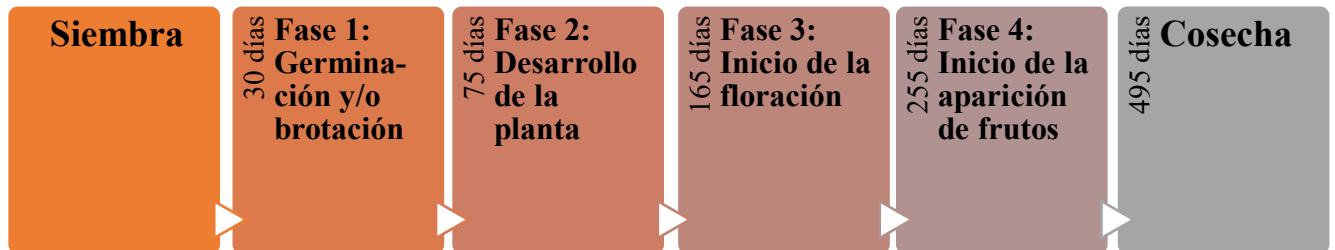
2.1.4.1 Fenología

El cultivo de pimiento presenta diferentes etapas fenológicas en su desarrollo, cuenta con 5 fases iniciando con la germinación y emergencia (fase 1) y teniendo su fin la

fructificación (fase 5). Es así, que cada fase es importante para la producción de este cultivo, siendo la duración de su etapa fenológica 150 a 180 días (Buñay, 2017).

Figura 2

Fenología del pimiento



2.1.4.2 Características de la semilla

De acuerdo con Buñay (2017) las semillas de pimiento presentan características morfológicas y fisiológicas que influyen directamente en el establecimiento del cultivo y en su rendimiento final. En primer lugar, una semilla de calidad debe poseer viabilidad y vigor, lo que garantiza una germinación rápida y uniforme. Además, es importante que el material presente pureza genética y esté libre de patógenos, ya que estos pueden afectar negativamente el desarrollo vegetativo y reproductivo. Por ejemplo, Solano y Tapia, (2024) infecciones latentes por *Candidatus Liberibacter solanacearum* pueden no interferir con la germinación, pero sí comprometer la productividad posterior.

Asimismo, el tamaño, el peso y el contenido de humedad de la semilla influyen en su capacidad de emerger y establecerse con éxito en condiciones de campo. En consecuencia, el uso de semillas certificadas es fundamental para minimizar riesgos fitosanitarios. Tal como señalan Solano y Tapia (2024) la calidad de la semilla está determinada no solo por su poder germinativo, sino también por su comportamiento en el campo frente a condiciones adversas. Por lo tanto, una adecuada selección del material de siembra resulta clave para asegurar cultivos sanos y productivos.

2.1.5. Aji

De acuerdo con Quevedo (2020) el aji ocupa el primer lugar en importancia dentro de las hortalizas que se cultivan en el país. Dentro, del país la mayor producción se la realiza en la costa ecuatoriana teniendo en con mayor producción de este cultivo a las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas, Los Ríos, Manabí y Guayas. Debido, que el cultivo tiene un ciclo corto de 180 a 300 días existe mayores ingresos para los productores de aji. Sin

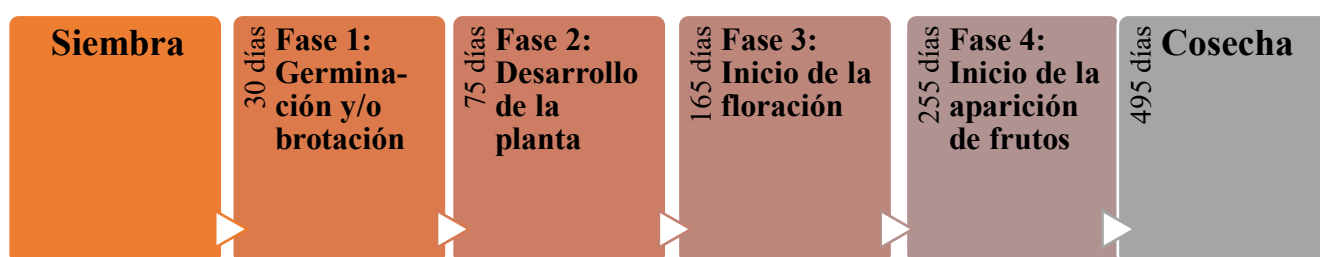
embargo, en el año 2022 la provincia de Santo Domingo exporto 1 millón y medio de kilos de ají.

2.1.5.1 Fenología

El cultivo de ají presenta diferentes etapas fenológicas en su desarrollo, cuenta con 4 fases iniciando con la germinación y emergencia (fase 1) y teniendo su fin con la floración y la fructificación (fase 5). Es así, que cada fase es importante para la producción de este cultivo (Quevedo, 2020).

Figura 3

Fenología del ají



2.1.4.2. Características de la semilla

La semilla de ají, al igual que en otras especies del género *Capsicum*, debe reunir ciertas características clave para asegurar una buena emergencia y un desarrollo óptimo del cultivo. La alta viabilidad y vigor, atributos que permiten una germinación rápida, uniforme y con buen establecimiento en campo. Además, es indispensable que las semillas estén libres de enfermedades, ya que la presencia de patógenos sistémicos, como *Candidatus Liberibacter solanacearum*, puede afectar el crecimiento vegetativo, la floración y la producción de frutos. De igual forma, el tamaño, peso específico y contenido de humedad influyen en la calidad fisiológica de la semilla. Por ello, es recomendable utilizar semillas certificadas que garanticen pureza varietal y sanidad. Según Braga et al., (2016) una semilla de buena calidad no solo germina adecuadamente, sino que también permite el desarrollo de plantas vigorosas y resistentes a condiciones adversas. En consecuencia, la elección del material de siembra es un factor decisivo en la productividad del cultivo de ají.

2.1.6 Tomate riñón.

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*) es una hortaliza que es cultivada bajo invernadero con altos nivel de producción y rentabilidad. Sin embargo, la variación de precios del cultivo a provocado que no se extienda adecuadamente. Del mismo modo, el sistema de

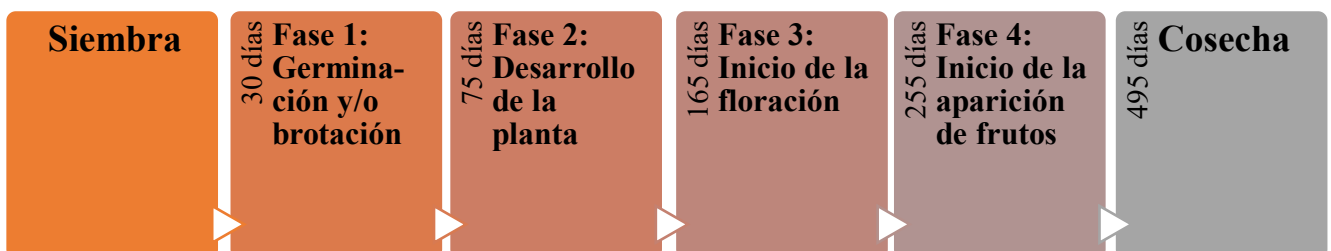
información menciona que las principales provincias productoras de esta hortaliza son Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Tungurahua y Guayas, teniendo una producción de 55 000 toneladas en una superficie plantada de 1691 hectáreas (Pérez, 2020).

2.1.6.1 Fenología

El cultivo de tomate riñón presenta diferentes etapas fenológicas en su desarrollo, cuenta con 5 fases iniciando con el establecimiento de la planta (fase 1) y teniendo su fin con la maduración de la fruta e inicio de cosecha (fase 5). Es así, que cada fase es importante para la producción de este cultivo (Pérez, 2020).

Figura 4

Fenología del tomate riñón



2.1.5.2. Característica de la semilla

La semilla de tomate riñón debe cumplir con estándares de calidad que aseguren un buen desempeño en campo. En primer lugar, es fundamental que presente alta viabilidad, es decir, la capacidad de germinar bajo condiciones óptimas. Asimismo, el vigor es esencial, ya que determina la rapidez y uniformidad del establecimiento de las plántulas. Otro aspecto importante es el estado fitosanitario, ya que la presencia de patógenos como *Candidatus Liberibacter solanacearum* puede no afectar la germinación, pero sí comprometer el desarrollo vegetativo y la productividad. Por ello, es recomendable utilizar semillas certificadas que aseguren pureza genética y ausencia de enfermedades. Además, el tamaño, color y peso de las semillas están relacionados con su calidad fisiológica. Según Guamán (2019) una semilla de tomate de calidad debe ser seleccionada cuidadosamente para garantizar un cultivo sano, productivo y uniforme. En consecuencia, la correcta elección del material de siembra es un factor determinante en el éxito agronómico del tomate riñón.

2.2 Enfermedad de Punta Morada en solanáceas

La enfermedad de punta morada es un complejo fitopatológico que afecta principalmente a cultivos de la familia Solanaceae, como papa, tomate, ají y pimiento. Esta enfermedad es causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso), la cual se aloja en el floema de la planta y es transmitida principalmente por el psílido *Bactericera cockerelli*. Entre los síntomas más comunes se encuentran el enrollamiento y coloración morada o amarilla de las hojas, el engrosamiento de nudos, tallos en zigzag y, en casos avanzados, abortos florales, enanismo y formación de tubérculos aéreos en papa (Cuenca, 2021).

Los signos varían según la especie y el nivel de infección. Además, el impacto de la enfermedad puede reducir drásticamente la productividad, afectando tanto la cantidad como la calidad del fruto o del tubérculo. Según Cuenca (2021) la punta morada representa una de las amenazas más importantes en la producción de solanáceas en ambientes de altura y bajo condiciones de invernadero. Por ello, el uso de semillas sanas y el monitoreo del vector son estrategias clave para su manejo.

2.2.1 Agente causal

El agente causal de la enfermedad de punta morada es la bacteria fitopatógena *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso), un microorganismo de transmisión sistémica que se aloja en el floema de las plantas. Por lo cual, la bacteria no puede cultivarse en medios artificiales, por lo que su detección depende de técnicas moleculares como PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa). De esta manera se transmite principalmente por el insecto vector *Bactericera cockerelli*, un psílido que al alimentarse del floema de plantas infectadas, adquiere la bacteria y la transfiere a plantas sanas. Una vez en el tejido vegetal, CLso interfiere con la translocación de nutrientes, provocando alteraciones fisiológicas severas (Delgado & Beltrán, 2020).

Como resultado, las plantas muestran síntomas como enrollamiento de hojas, coloración anormal, crecimiento anómalo de tallos y reducción en la producción. Este patógeno ha sido identificado en varios países de América y es considerado de alto riesgo fitosanitario. De acuerdo con Espinoza (2020) el manejo integrado del vector y el uso de material vegetal sano son las principales estrategias para prevenir su propagación en cultivos solanáceos.

2.2.2 Insecto vector

El principal insecto vector de la enfermedad de punta morada es el psílido *Bactericera cockerelli* (Šulc), un pequeño hemíptero perteneciente a la familia Triozidae. Este insecto se alimenta del floema de las plantas hospedantes y tiene la capacidad de adquirir y transmitir la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso), agente causal del síndrome. El vector puede infectar a las plantas desde su etapa de ninfa, aunque los adultos son los que más contribuyen a la diseminación del patógeno (Hernández & Ochoa, 2025).

Figura 5

Ciclo de vida resumido de *Bactericera cockerelli*



Fuente: (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2018)

Además, tiene un amplio rango de hospedantes dentro de las solanáceas, como papa, tomate, ají y pimiento, lo que facilita su dispersión. Una vez que la planta es inoculada, el insecto no solo transmite la bacteria, sino que también causa daños mecánicos y fisiológicos por su alimentación. Según Rubio y Almeyda (2016) el manejo efectivo de *B. cockerelli* es fundamental para prevenir brotes severos de punta morada, especialmente en zonas donde el insecto encuentra condiciones favorables para su reproducción.

Figura 6

Adulto del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)



Fuente: (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2020)

2.2.3 Transmisión

De acuerdo con Melgoza (2018) la transmisión de la enfermedad de punta morada ocurre principalmente a través del insecto vector *Bactericera cockerelli*, el cual adquiere la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* al alimentarse de plantas infectadas. Posteriormente, al colonizar nuevas plantas hospedantes, el vector inocula el patógeno directamente en el floema, permitiendo que la infección se disemine de forma sistémica. El proceso puede ocurrir tanto en estado de ninfa como en adulto, aunque los adultos son más eficientes en la diseminación.

Además, se ha demostrado que la bacteria puede transmitirse de forma vertical mediante semilla vegetativa, como en el caso de la papa, o a través de trasplantes infectados en especies como tomate y pimiento. Por tanto, el ciclo de transmisión puede mantenerse en ausencia del vector si se utiliza material vegetal contaminado. Según INIAP (2018) la combinación de transmisión biológica por insecto y mecánica por semilla hace que la punta morada sea una enfermedad difícil de erradicar y de gran impacto para los cultivos solanáceos.

2.2.4 Detección

La detección de la enfermedad de punta morada es un proceso fundamental para su diagnóstico oportuno y control efectivo, dado que *Candidatus Liberibacter solanacearum* es una bacteria que no puede cultivarse en medios artificiales, su identificación se realiza mediante técnicas moleculares, principalmente la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). El método permite detectar la presencia del ADN del patógeno en tejidos vegetales, incluso

antes de que aparezcan los síntomas visibles. Además, es común utilizar análisis por PCR en insectos vectores para monitorear la circulación de la bacteria en campo (Delgado & Ortiz, 2020).

Aunque los síntomas externos como el enrollamiento foliar, el color morado en hojas y los tallos en zigzag pueden orientar el diagnóstico, no son exclusivos de esta enfermedad, por lo que se requiere confirmación molecular. Según Delgado y Ortiz (2020) el uso de PCR convencional o PCR en tiempo real ha sido clave para implementar programas de monitoreo y manejo en cultivos afectados por punta morada en solanáceas.

2.3 Trasmisión de enfermedades a través de semilla

La transmisión por semilla se refiere a la propagación de enfermedades de plantas a través de la semilla de la planta infectada. En este contexto, se destaca que la transmisión por semilla puede desempeñar un papel crucial en la dispersión de enfermedades a distancias considerables y a lo largo del tiempo Navarrete et al., (2024). Por lo general, cuando las semillas de una planta están infectadas, pueden llevar consigo el patógeno que causa la enfermedad.

Por lo tanto, Navarrete et al., (2024) menciona que cuando esas semillas se plantan en otro lugar, el patógeno también puede establecerse en ese nuevo entorno, dando lugar a la propagación de la enfermedad. Además, se menciona que la transmisión por semilla puede servir como la fuente primaria de inóculo, que es la cantidad de patógeno necesaria para iniciar una infección. Una vez, que el patógeno está presente en las semillas, puede ser diseminado aún más por insectos vectores, que actúan como agentes de propagación adicionales.

2.3.1 Síntomas de la enfermedad de punta morada

Los síntomas de la enfermedad de punta morada en cultivos solanáceos son diversos y pueden aparecer desde etapas tempranas del desarrollo. Por lo cual la variabilidad sintomática está relacionada con la especie hospedante, la edad de la planta y la concentración del patógeno en los tejidos. Los principales síntomas observados en plantas afectadas por *Candidatus Liberibacter solanacearum* incluyen ((Rodríguez, 2017):

- Enrollamiento de hojas hacia el envés.

- Coloración morada o amarilla del follaje.
- Engrosamiento de nudos en los tallos.
- Presencia de tallos en zigzag.
- Reducción en el tamaño de la planta (enanismo).
- Abortos florales y caída prematura de flores.
- Formación de tubérculos aéreos (específicamente en papa).

Cabe destacar que, en algunos casos, las plantas infectadas pueden no mostrar síntomas visibles en las primeras etapas, lo que dificulta su detección oportuna. Según Buñay (2017), la expresión de estos síntomas está estrechamente vinculada a la colonización del floema por parte del patógeno, lo cual interfiere con la translocación de nutrientes y hormonas esenciales para el desarrollo normal de la planta.

2.3.1.1 Síntomas causados por fitoplasmas

Los fitoplasmas son bacterias sin pared celular que se alojan en el floema de las plantas y provocan una amplia gama de síntomas, especialmente en cultivos hortícolas y frutales. Estos microorganismos interfieren en procesos fisiológicos clave como el transporte de fotosintatos y la regulación hormonal, generando alteraciones visibles en el desarrollo normal de las plantas. Entre los síntomas más frecuentes asociados a infecciones por fitoplasmas se encuentran:

- Amarillamiento generalizado de hojas (clorosis).
- Enrojecimiento o bronceado anormal del follaje.
- Enanismo o reducción del tamaño total de la planta.
- Proliferación de brotes laterales (síntoma conocido como escobas de bruja).
- Fasciación o aplastamiento de tallos y flores.
- Esterilidad floral y aborto de estructuras reproductivas.
- Formación de hojas pequeñas, deformadas o filiformes.

Los síntomas varían según la especie vegetal, la fase de desarrollo y el tipo específico de fitoplasma presente. Según Aldás (2019) el diagnóstico temprano y el control del insecto vector son esenciales para evitar la diseminación de estas enfermedades en los cultivos.

2.3.1.2 Sintomatología de la enfermedad en papa

La enfermedad de punta morada en papa ocasiona alteraciones visibles tanto en el follaje como en los órganos subterráneos, debido a la colonización del floema por *Candidatus Liberibacter solanacearum*. De esta manera, la bacteria interfiere con el transporte de nutrientes y hormonas, generando síntomas característicos, entre los que se destacan:

- Enrollamiento de hojas hacia el envés.
- Coloración morada en los márgenes foliares, especialmente en hojas jóvenes.
- Tallos con crecimiento en zigzag o curvaturas anómalas.
- Engrosamiento de nudos en los tallos.
- Formación de tubérculos aéreos en axilas foliares.
- Enanismo y reducción del desarrollo general de la planta.
- Pobre desarrollo radicular y deformación de tubérculos.

La aparición de estos síntomas puede variar según el estado fenológico de la planta y la carga bacteriana. De acuerdo con Farah y Bajaña, (2025) la infección en fases tempranas puede afectar gravemente la producción y calidad del cultivo, haciendo indispensable el uso de semillas sanas y el control del insecto vector.

Figura 7

Síntomas de punta morada en papa



Fuente: (INIAP, 2018)

2.4 Transmisión de enfermedades por semillas

La transmisión de enfermedades por semillas representa una vía crítica de diseminación de patógenos en los sistemas agrícolas, ya que permite que agentes infecciosos se introduzcan

en nuevos lotes de cultivo desde las primeras etapas del desarrollo. Esta forma de transmisión puede involucrar hongos, bacterias, virus y fitoplasmas que se alojan en el embrión, endospermo o tegumento de la semilla, afectando su viabilidad, vigor y posterior desempeño en campo.

En el caso de las bacterias como *Candidatus Liberibacter solanacearum*, se ha planteado su posible transmisión vertical en cultivos solanáceos, lo que representa un riesgo fitosanitario silencioso. La enfermedad puede no manifestarse en la semilla, pero propagarse a través de plántulas infectadas, dificultando su detección temprana. Por ello, el uso de semillas certificadas y libres de patógenos es fundamental para prevenir la diseminación inicial de enfermedades en los cultivos. Según Ormeño (2023) las semillas enfermas no solo reducen el establecimiento del cultivo, sino que también actúan como fuentes primarias de inóculo para nuevas infecciones en el campo.

2.5 Manejo de las semillas

El tratamiento de semillas es una práctica agrícola común que implica la aplicación de diversos agentes, ya sean organismos biológicos o ingredientes químicos, a las semillas antes de plantarlas. El objetivo principal es proteger las semillas y las plántulas contra patógenos, insectos y otras plagas que podrían afectar su salud y desarrollo.

Los tratamientos para el manejo de semillas se pueden incluir (Deiss, 2024):

1. **Tratamientos químicos:** El uso de productos químicos, como fungicidas, insecticidas y herbicidas, para proteger las semillas y las plántulas de enfermedades fúngicas, insectos y malas hierbas.
2. **Tratamientos biológicos:** La aplicación de microorganismos beneficiosos, como bacterias o hongos, que pueden ayudar a combatir patógenos dañinos y promover un ambiente más saludable para el crecimiento de la planta.
3. **Recubrimientos protectores:** La aplicación de recubrimientos en las semillas para protegerlas de condiciones ambientales adversas, mejorar la germinación y proporcionar nutrientes adicionales.
4. **Tratamientos de inoculación:** La introducción de bacterias fijadoras de nitrógeno u otros microorganismos beneficiosos que pueden formar asociaciones simbióticas con las plantas, ayudándolas a obtener nutrientes esenciales del suelo.

Por lo tanto, los tratamientos contribuyen a mejorar la salud de las plantas desde las etapas iniciales de su ciclo de vida, ofreciendo una protección inicial crucial contra amenazas que podrían reducir el rendimiento o la calidad de los cultivos. De esta manera, es importante destacar que la elección de los tratamientos de semillas dependerá de factores como el tipo de cultivo, las condiciones ambientales y las amenazas específicas a las que puedan estar expuestas las semillas y plántulas.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se la realizó en la ciudad de San Gabriel, cantón Montúfar perteneciente a la provincia del Carchi. Esta, cuenta con las siguientes características edáficas y climáticas presentes en la Tabla 2.

Tabla 2

Ubicación geográfica y climática del lugar en donde se realizará la investigación

Características del lugar de investigación	
Provincia	Carchi
Cantón	Montufar
Parroquia	Gonzales Suarez
Sector	San Gabriel
Altitud	2800-2900 m.s.m
Temperatura media anual	17°C
Humedad relativa	79%
Pluviosidad	2.70mm

Fuente: (Chulde, 2019)

Figura 8

Ubicación geográfica del lugar en estudio



3.2 Materiales

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diversos materiales, equipos e insumos; los que se muestran la Tabla 3. De esta manera, se pudo llevar a cabo con éxito las actividades programadas durante la fase de trabajo de campo, asegurando la recolección eficiente y precisa de los datos necesarios.

Tabla 3

Materiales y equipos utilizados en la fase de campo de la investigación

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas	Material Biológico
Semilleros	Computadora	Gallinaza	Azadón	Semillas de papa
Fundas	Celular	Tierra	Baldes	Semillas de vivero
Malla zaram	Impresora	Sustrato	Carretilla	Semillas de ají
Tela tul	Invernadero	Pómez	Palancón	Semillas de tomate riñón
Carteles	Cuaderno de campo	Biol	Grapadora industrial	
			Tuercas-clavo-tornillos	
			Alfajías	
			Tablas	

3.3 Métodos

La investigación aplica una metodología mixta, ya que se obtuvieron datos obtenidos de manera cualitativa y cuantitativa, debido al análisis de información obtenida en el que analizaron las características y datos numéricos de las plantas de análisis (Rodríguez, 2017). La toma de datos inició con la germinación de plantas sanas y enfermas. Después del transplante, esta se la realizó periódicamente cada 7 días durante la etapa vegetativa en el caso de los cultivos perennes y para los cultivos de ciclo corto durante toda su ciclo; siendo registrados en el cuaderno de campo. Finalmente, estos fueron analizados en el programa estadístico INFOSTAT.

3.3.1 Factor en estudio

La investigación se enfocó en evaluar la transmisión de la enfermedad punta morada a través de semillas de papa (*Solanum tuberosum L.*), pimiento (*Capsicum annuum L.*), ají (*Capsicum pubescens*) y tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*) bajo condiciones de invernadero.

Las especies pertenecientes a la familia Solanaceae, se caracterizan por su alto valor alimenticio y su importancia en la agricultura ecuatoriana. La papa es una planta herbácea de tallos subterráneos engrosados llamados tubérculos; el pimiento y el ají son hortalizas de porte erecto que producen frutos carnosos; mientras que el tomate riñón es una planta de hábito rastrero o semierecto con frutos de tipo baya (Landazuri, 2022). A continuación, se detallan los factores de estudio. A continuación, se detalla los factores de estudio:

Subparcela

Factor 1: Origen del cultivo

P1: Plantas sanas

P2: Plantas enfermas

Factor 2: Variedades

C1: Papa

C2: pimiento

C3: ají

C4: tomate riñón

3.3.2 Tratamientos

En la tabla 4 se presenta los tratamientos a evaluar de la investigación

Tabla 4

Tratamientos a evaluar en la investigación.

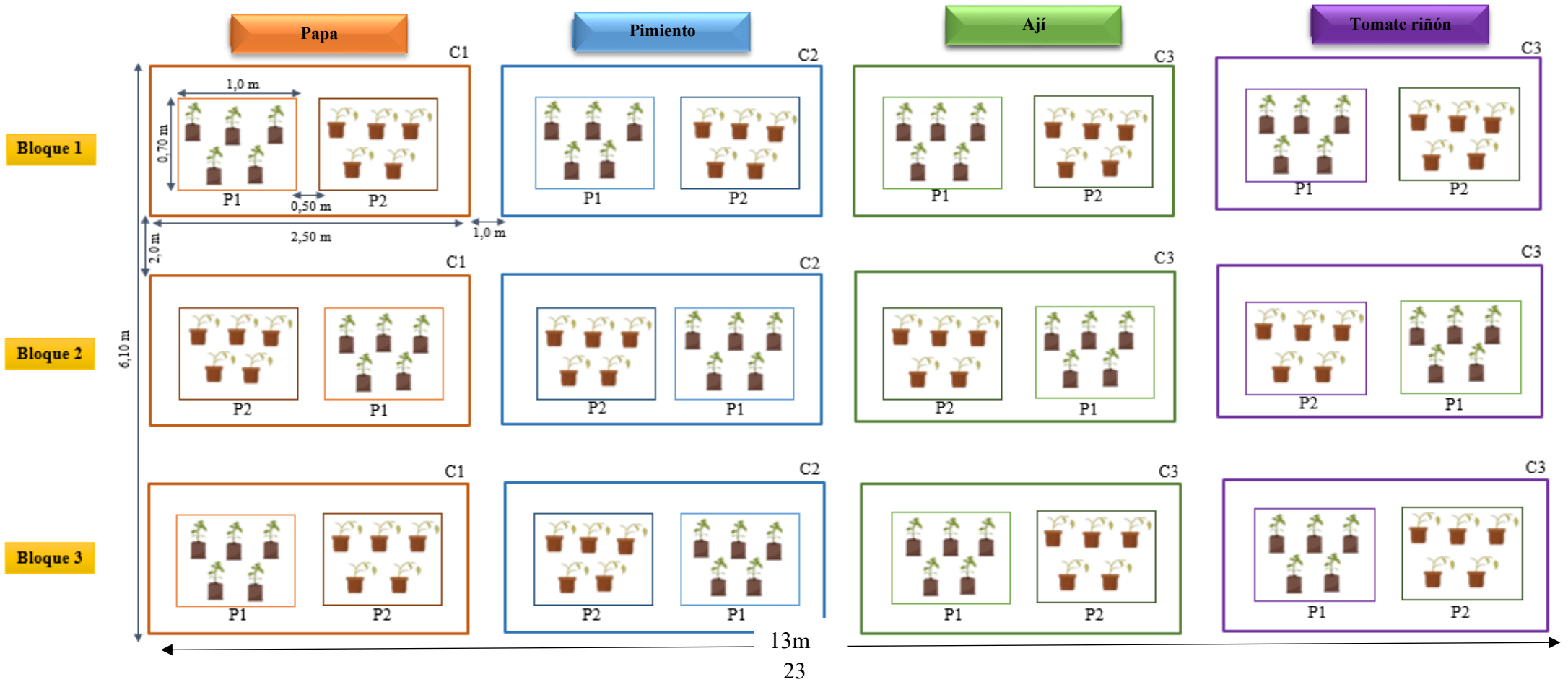
Tratamientos	Descripción	Código
T1	Plantas sanas de papa	P1C1
T2	Plantas sanas de pepino	P1C2
T3	Plantas sanas de ají	P1C3
T4	Plantas sanas de tomate riñón	P1C4
T5	Plantas enfermas de papa	P2C1
T6	Plantas enfermas de pepino	P2C2
T7	Plantas enfermas de ají	P2C3
T8	Plantas enfermas de tomate riñón	P2C4

3.3.3 Diseño experimental.

En la presente investigación se implementó un diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas (DBCAPD) como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Diseño de bloques



3.3.4 Características del experimento.

En la tabla 5 se muestran las diversas características presentes en el proyecto.

Tabla 5

Características del experimento de transmisión de punta morada

Características	Descripción
Bloques	3
Factores	2
Unidad experimental	24
Área del ensayo	79,3

3.3.4.1 Características de la unidad experimental

La Figura 10 y Tabla 5 detallan los componentes de la unidad experimental usados en el diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas planteado en la investigación

Figura 10

Unidad experimental del diseño en bloques con parcelas divididas

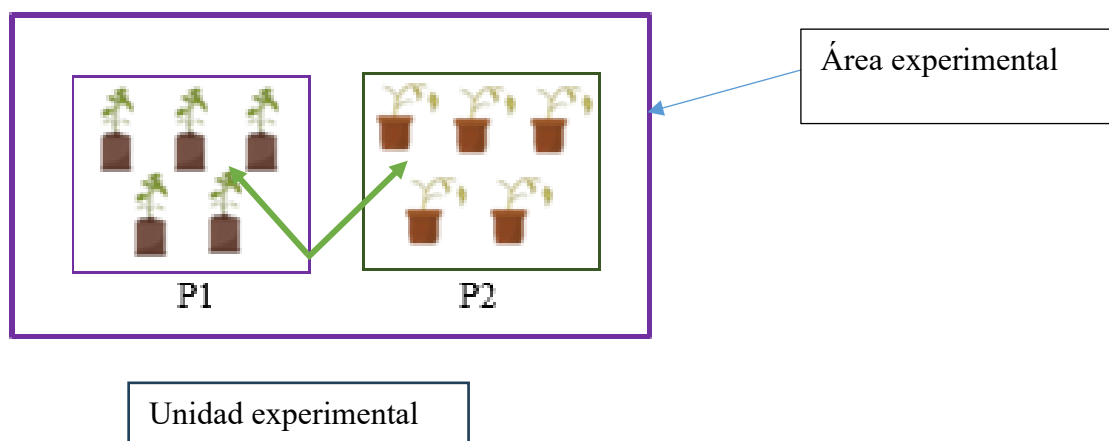


Tabla 6

Características de la unidad experimental.

Datos	Medidas
Número total de plantas por unidad experimental	5
Número total de plantas en estudio	120
Área de cada unidad experimental	0,7 m ²

3.3.5 Análisis estadístico

Para el tratamiento de los datos recolectados durante la fase experimental, se aplicó un análisis estadístico basado en el diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas (DBCAPD), el cual permitió evaluar de manera estructurada la interacción entre los factores en estudio: el origen de las semillas (sanas y enfermas) y las diferentes especies de cultivos solanáceos (papa, pimiento, ají y tomate riñón). El tipo de diseño es especialmente útil en investigaciones agrícolas debido a su capacidad para controlar la variabilidad del entorno experimental, aumentando así la precisión de los resultados.

Los datos fueron registrados periódicamente a lo largo del desarrollo de las plantas y procesados mediante el programa estadístico INFOSTAT, software especializado en análisis de datos experimentales. Se aplicó Análisis de Varianza (ANOVA o ADEVA) para determinar la significancia estadística de las variables morfológicas y reproductivas evaluadas, tales como la altura de las plantas, número de hojas, número de flores y aparición de síntomas. Las diferencias entre tratamientos se consideraron estadísticamente significativas cuando el valor de p fue inferior a 0,05.

Asimismo, se incluyó la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen de las semillas como fuente de variación para observar el comportamiento dinámico de las plantas en el tiempo. El enfoque permitió identificar tendencias de crecimiento y desarrollo diferencial entre plantas provenientes de semillas sanas y enfermas, proporcionando evidencia estadísticamente sustentada sobre el impacto de la posible transmisión de punta morada.

3.3.6 Variables a evaluarse

En el presente estudio se evaluaron variables claves relacionadas con la posible transmisión de la enfermedad de punta morada a través de semillas. Las variables analizadas permitieron determinar tanto la incidencia de síntomas en plantas desarrolladas a partir de semillas infectadas, como la posible presencia del agente causal (*Candidatus Liberibacter solanacearum*) en distintas etapas del desarrollo vegetal. Entre los aspectos considerados se incluyeron el porcentaje de germinación, el desarrollo morfológico de las plantas (altura, número de hojas, flores y frutos), así como la aparición de síntomas visuales característicos de la enfermedad. La selección de estas variables tuvo como objetivo establecer una relación entre el estado fitosanitario del material de siembra y su capacidad para actuar como vehículo de diseminación del patógeno. En conjunto, estos indicadores aportan evidencia útil para

comprender el comportamiento epidemiológico de la punta morada y su potencial transmisión vertical en cultivos solanáceos.

Figura 11

Cultivo de papa



3.3.6.1 Porcentaje de germinación

El cálculo del porcentaje de germinación se realiza a través de un procedimiento de extracción de semillas de cultivos de naranjilla, tomate de árbol y uvilla, que se encuentren enfermas de punta morada y semillas sanas de los cultivos en estudio. Seguido, se colocó las semillas en bandejas de germinación(Ochoa, 2022).

3.3.6.2 Índice de mortalidad

Previo a la germinación, se evaluó las semillas de las tres especies que brotaron y las que no. Obteniendo el número total de plantas para la investigación, las que se pasaron a bolsas para su desarrollo dentro del invernadero (Castañeda, 2019).

3.3.6.3. Cambios físicos de las plantas

Del número de plantas trasplantadas, se evaluó síntomas como: retraso de crecimiento (altura), amarillamiento del follaje, puntas moradas, pérdida de pigmentos, encarrujamiento de hojas inferiores, numero de hojas, flores; presentes en las plantas con relación a las guías de

manejo de punta morada establecidas por (INIAP, 2022). Los síntomas se evaluaron durante la etapa vegetativa en el caso de naranjilla y tomate de árbol; siendo en uvilla registrados durante toda su fenología. Los datos se recolectaron semanalmente en el cuaderno de campo.

3.3.6.4 Número de plantas sanas y enfermas

Después de la evaluación de síntomas, se realizó un conteo total de las plantas ya clasificadas, seguido se realizó la regla de tres con el objetivo de determinar el porcentaje.

3.3.6.5 Sintomatología de Punta Morada

De las plantas enfermas, se evaluó los síntomas que se presentaron durante la fase de campo. Junto con las guías de INIAP, determinar las enfermedades y la severidad de estas en las plantas (Espinoza, 2020).

3.3.6.6 Días de aparición de síntomas

Se evaluó el desarrollo de punta morada desde el día de siembra hasta el apareamiento del primer síntoma presente en las plantas de cada una de las especies en estudio (Espinoza, 2020).

3.3.6.7 Número de frutos

En el caso del cultivo de ciclo corto se cosechó los frutos, tanto de plantas de semillas sanas como enfermas. Seguido, se evaluó el tamaño (ecuatorial y polar), peso y el total de frutos que se los clasificó con relación a la presencia de deformidades (Espinoza, 2020).

3.4. Manejo del experimento

3.4.1. Adquisición de semillas

Se realizó una reunión junto con encargados de la Unidad Experimental “Santa Catalina” perteneciente a INIAP. Donde, se nos proporcionará las semillas de los cultivos tanto enfermos como sanos y a su vez conocer la adecuación que debe tener el invernadero para el desarrollo de las plantas.

Figura 12

Semillas del cultivo de ají.



3.4.2. Adecuamiento del invernadero

El invernadero requirió de algunos cambios de la estructura e implementación para el buen desarrollo de la investigación, por lo cual se modificó el plástico del techo del invernadero con la ayuda de un experto en el tema. Seguido, se colocó una malla zaram en la parte superior del invernadero, la cual era removible. Esto con el fin de que los rayos de sol no sean tan fuertes para las plantas y estas se mantengan aclimatadas.

Figura 13

Adecuamiento del invernadero



3.4.3. Germinación

Las semillas fueron colocadas en los semilleros que tenían el sustrato ideal para su germinación. Los semilleros fueron clasificados con respecto a su origen (sanos y enfermos) y colocados cada uno en diferentes cajas entomológicas que fueron proporcionadas por la docente de entomología de la carrera, se les dio riego constante con un spray para no afectar

a las semillas y al sustrato. Finalmente, cuando las plántulas alcanzaron una altura considerable, se trasladaron a las fundas de vivero.

Figura 14

Germinación de las plantas de los cuatro cultivos en estudio



3.4.4. Construcción de cajas de aislamiento

Con el objetivo de que el insecto vector de la enfermedad no ingrese y se propague se elaboraron cajas para las plántulas, estas cajas se elaboraron con alfajías y tablas para su estructura y cubiertas con tela tul la cual fue adherida con una grapadora industrial, esta tela es ideal para que ningún tipo de insecto ingrese e infecte a las plantas. Durante la germinación de las semillas, se elaboró un total de 6 cajas, cada una designada para la especie con respecto a su origen.

Figura 15

Construcción de cajas entomológicas



3.4.5. Trasplante

Para trasladar las plántulas a fundas de vivero fue necesario tener lista la tierra y las cajas. Con el uso de azadones y palancón se extrajo tierra, la cual se cernió. Esta se mezcló con gallinaza y pómez y colocó en las fundas de vivero. Cuando las plántulas alcanzaron una altura aproximada de 10 cm a 20 cm de altura se pasaron a las fundas ya listas, estas se colocaron

dentro de las cajas que se ordenaron con respecto al diseño experimental presentado. Finalmente fueron etiquetados.

Figura 16

Planta de papa de origen sano lista para el trasplante



3.5.6. Labores culturales

Se realizó actividades de riego, deshierbe y fertilización durante la experimentación. El riego se lo realizó pasando un día, mientras que el deshierbe una vez a la semana. La fertilización se la realizó con biol elaborado en la granja de la carrera. Se aplicó dos veces durante el desarrollo de las plantas, la primera a los 2 meses después del trasplante y la segunda al inicio de la floración de los cultivos de ciclo corto.

Figura 17

Toma de datos



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de germinación de los cultivos en estudio

El porcentaje de germinación es una variable fundamental en la evaluación de la calidad fisiológica del material de siembra. En la Tabla 7 se observa los porcentajes por cada especie:

Tabla 7

Porcentaje de germinación y mortalidad de semillas según el origen y la especie

Origen	Especie	Nombre Común	Porcentaje de germinación	Porcentaje de mortalidad	Días a la germinación
Sana	<i>Solanum tuberosum</i>	Papa	23.08	20	
Sana	<i>Capsicum pubescens</i>	Ají	69.23	30.77	21
Sana	<i>Solanum lycopersicum L.</i>	Tomate riñón	84.62	15.38	14
Sana	<i>Capsicum annuum L</i>	Pimiento	28.21	71.79	21
Enferma	<i>Solanum tuberosum</i>	Papa	76.92	23.08	20
Enferma	<i>Capsicum pubescens</i>	Ají	23.08	76.92	21
Enferma	<i>Solanum lycopersicum L.</i>	Tomate	82.05	17.95	15
Enferma	<i>Capsicum annuum L</i>	Pimiento	23.08	76.92	21

El análisis del porcentaje de germinación evidencia que la respuesta germinativa varió significativamente según la especie y el estado sanitario de las semillas. En el caso de *Capsicum annuum* (ají), las semillas sanas presentaron un porcentaje de germinación superior con 69.23%, mientras que las semillas enfermas alcanzaron solo 23.08%, mostrando una diferencia de 46.15%. Este patrón también se repite en *Capsicum annuum L.* (pimiento), donde las semillas sanas presentaron una germinación de 28.21% frente a 23.08% en las enfermas, con una diferencia de 5.13% a favor del material sano.

Por el contrario, en *Solanum tuberosum* y *Solanum lycopersicum L.*, el porcentaje de germinación fue similar entre ambos tratamientos. En papa, tanto las semillas sanas como las enfermas germinaron en un 76.92%, sin variación entre condiciones. De forma similar, en tomate riñón, las semillas sanas germinaron con 84.62% y las enfermas con 82.05%, registrando una diferencia mínima de 2.57%. El comportamiento sugiere que en estas dos especies la presencia del patógeno no inhibe de forma inmediata la capacidad germinativa.

Por otro lado, se evidencia que las semillas sanas de todas las especies germinaron de forma más rápida en comparación con las de origen enfermo. En tomate riñón, las semillas sanas germinaron en 14 días, mientras que las enfermas lo hicieron en 15 días, marcando un retraso de un día. En el resto de las especies (papa, ají y pimiento), los días a la germinación fueron similares entre tratamientos (20 y 21 días); sin embargo, la tendencia se mantiene hacia una germinación más eficiente en semillas sanas.

4.2 Índice de mortalidad en plántulas

El índice de mortalidad varió de forma significativa entre especies y condiciones sanitarias. En ají y pimiento, las plantas provenientes de semillas infectadas presentaron una mayor mortalidad, con un 76.92%, mientras que en las provenientes de semillas sanas la mortalidad fue considerablemente menor (30.77% y 71.79%, respectivamente). Los resultados evidencian una clara relación entre el origen sanitario del material vegetal y la supervivencia de las plántulas, lo cual sugiere que la infección por *Candidatus Liberibacter solanacearum* afecta negativamente el establecimiento inicial del cultivo.

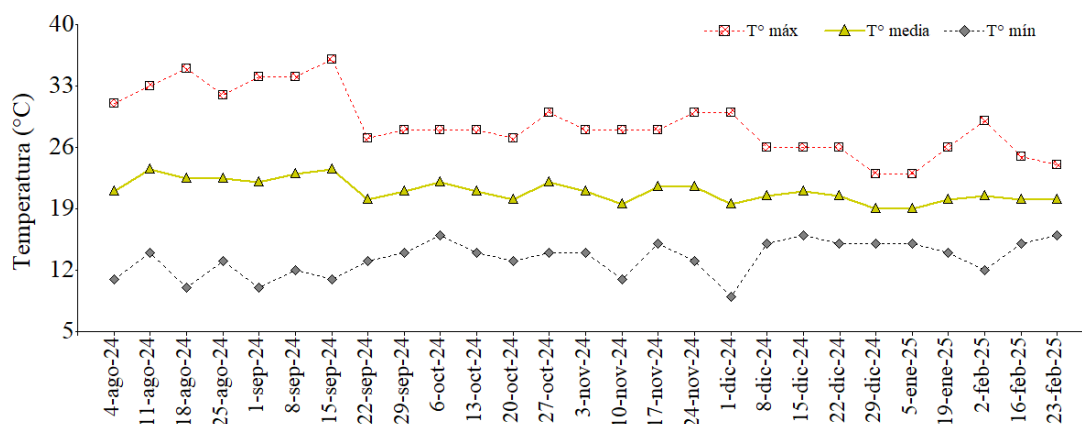
En contraste, en las especies de papa y tomate riñón no se registraron diferencias en el índice de mortalidad entre condiciones sanitarias, manteniéndose ambos con valores bajos (23.08% y 15.38%, respectivamente). Esto indica que estas especies muestran mayor tolerancia al patógeno en etapas tempranas de desarrollo, al menos en términos de supervivencia. En conjunto, los datos reflejan que la mortalidad en las primeras fases del cultivo está influenciada tanto por el estado fitosanitario como por la susceptibilidad específica de cada especie.

4.3 Temperatura de desarrollo en la etapa vegetativa

En la figura 14 se muestra la temperatura dentro del invernadero

Figura 18

Temperatura dentro del invernadero, durante el desarrollo de los cultivos en estudio



El gráfico evidencia el comportamiento de las temperaturas máxima, media y mínima en el periodo comprendido entre agosto de 2024 y febrero de 2025, mostrando un patrón climático moderado y con escasa variabilidad. Las temperaturas máximas alcanzaron sus valores más altos entre agosto y septiembre, con registros cercanos a los 35°C. Posteriormente, se observó una tendencia descendente durante los meses de diciembre y enero, seguida de un leve repunte en febrero. En cuanto a la temperatura media, esta se mantuvo relativamente estable a lo largo del periodo analizado, con variaciones suaves que oscilan entre 19 y 23°C, lo que evidencia condiciones térmicas constantes. Por otro lado, la temperatura mínima presentó fluctuaciones entre 9 y 16°, registrándose los valores más bajos en los meses de noviembre y diciembre, asociados a la presencia de noches más frías. En términos generales, los resultados reflejan una transición gradual de un periodo más cálido hacia uno más fresco, sin cambios bruscos, característica propia de un clima propicio para las actividades agrícolas.

4.4 Cambios físicos de las plantas evaluadas

Para evaluar los cambios físicos en las plantas, se consideraron aspectos como el tamaño, el número de hojas, flores y frutos presentes en cada uno de los cultivos analizados. El análisis de ciertos indicadores permite reconocer cambios en el desarrollo de las plantas que pueden deberse a problemas sanitarios o condiciones del entorno. Las enfermedades como la punta morada afectan directamente la estructura y el funcionamiento de los cultivos, reflejándose en síntomas visibles como la reducción del tamaño, deformaciones en las hojas y menor producción de flores y frutos. Por ello, observar de forma constante estas características es esencial para anticiparse a posibles afectaciones en el rendimiento.

4.4.1 Altura de la planta (cm)

La altura de la planta constituye un parámetro fundamental para evaluar el desarrollo vegetativo, ya que permite identificar el vigor y la capacidad de crecimiento a lo largo del ciclo del cultivo. Así, de la Tabla 8 a Tabla 12 se muestran los análisis de varianza de papa, ají, pimiento y tomate riñón respectivamente.

4.4.1.1 Papa

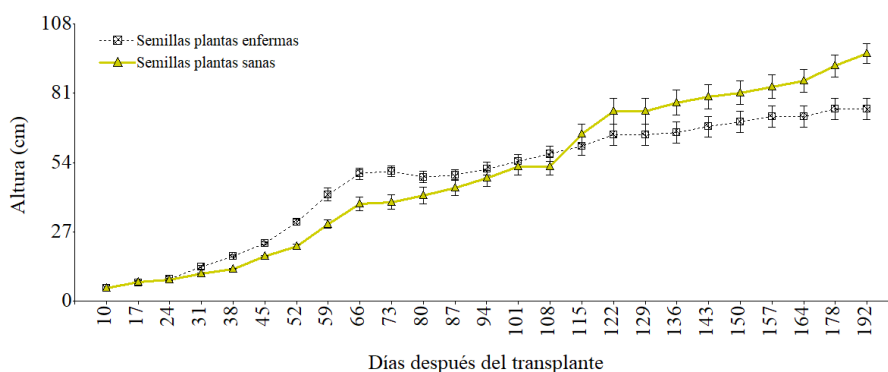
Para este cultivo la altura se evaluó durante la etapa vegetativa.

Tabla 8*Varianza de la variable altura del cultivo de papa*

	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	24	647	264.19	<0.0001
Origen	1	647	4.58	0.0328
ddt:Origen	24	647	8.91	<0.0001

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA) la interacción entre días después del trasplante (ddt) y origen mostró una diferencia significativa ($p = 0.0001$) para la variable altura de planta de papa (Tabla 8). Luego, en la Figura 15 se observa que las plantas de papa provenientes de semillas sanas mostraron un crecimiento significativamente mayor en altura en comparación con las plantas enfermas a lo largo del tiempo. Desde los 10 hasta los 31 días después del trasplante (ddt), ambas condiciones presentaron un crecimiento similar de aproximadamente 10.57 cm. Sin embargo, desde los 38 hasta los 66 ddt las plantas provenientes de semillas enfermas mostraron una altura ligeramente superior. A partir de los 115 ddt, las plantas sanas comenzaron a superar en altura a las enfermas, tendencia que se mantuvo hasta el final del ciclo. Al concluir la evaluación, las plantas sanas alcanzaron un promedio de 96.47 cm, mientras que las enfermas llegaron a 74.92 cm, con una diferencia de 21.55 cm. Los resultados indican que, aunque inicialmente las plantas enfermas pueden mostrar un desarrollo aparente más rápido, a largo plazo las semillas sanas reflejan un crecimiento más sostenido y vigoroso, reflejando un mejor desempeño agronómico.

Figura 19*Altura de planta a los días después del trasplante del cultivo de papa*

El comportamiento observado en el presente estudio coincide con lo planteado por Parga y Zamora (2021) quienes encontraron que las plantas provenientes de semillas sanas alcanzaron una altura promedio de 85 cm, mientras que aquellas afectadas por agentes patógenos se limitaron a 70 cm, registrando una diferencia de aproximadamente 15 cm. Los autores destacan que la altura de la planta es una variable sensible ante factores de estrés, tales como deficiencias sanitarias o hídricas, lo cual puede limitar significativamente su desarrollo estructural. Además, enfatizan que un crecimiento inicial acelerado no garantiza un buen rendimiento final, ya que lo más determinante es la constancia del desarrollo.

En concordancia con estos hallazgos, en este estudio las plantas provenientes de semillas sanas demostraron un crecimiento más estable y progresivo, superando en promedio en más de 20 cm a las plantas enfermas al final del ciclo. Por lo cual, refleja una mayor integridad fisiológica y reafirma la importancia de utilizar material vegetal libre de patógenos para asegurar un buen desempeño agronómico y maximizar el potencial productivo del cultivo.

4.4.1.2 Ají

Al igual que la papa, las plantas de tomate de árbol fueron medidas durante la etapa vegetativa

Tabla 9

Análisis de varianza de la variable altura del cultivo de ají

	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
(Intercept)	1	510	2397.94	<0.0001
ddt	26	510	843.88	<0.0001
Origen	1	510	1570.95	<0.0001
ddt:Origen	26	510	62.35	<0.0001

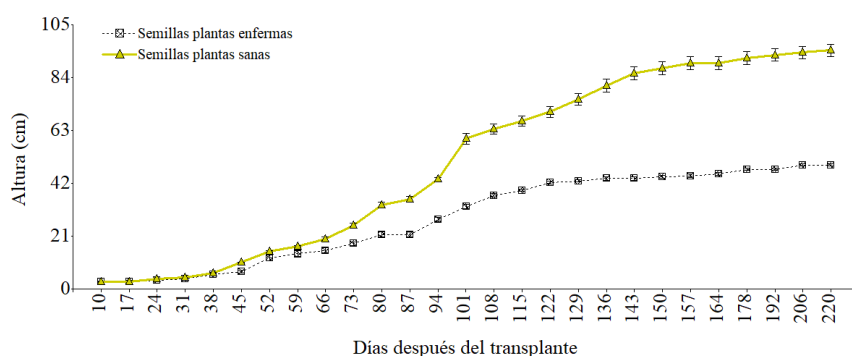
ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal mostró una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$) para la variable altura en el cultivo de ají (Tabla 9). En la Figura 16 se muestra que las plantas de ají provenientes de semillas sanas presentaron un crecimiento significativamente mayor que las plantas enfermas a lo largo del tiempo. Durante los primeros 38 ddt, ambas condiciones mostraron un crecimiento lento y similar, con una altura promedio

de 6.15 cm. No obstante, desde los 45 ddt, las plantas sanas comenzaron a diferenciarse en altura, aumentando progresivamente su ventaja. La diferencia se mantuvo constante hasta el final del experimento, donde las plantas sanas alcanzaron un promedio de 94.8 cm, mientras que las enfermas llegaron a 49.3 cm, con una diferencia de 45.5 cm. Por lo tanto, se indica que las semillas enfermas limitan severamente el desarrollo vertical del cultivo de ají, afectando negativamente su desempeño a lo largo del tiempo, mientras que las semillas sanas favorecen un crecimiento continuo y vigoroso.

Figura 20

Altura de planta a los días después del trasplante del cultivo de ají



Los resultados obtenidos respaldan en lo expuesto por Viera y Viteri (2021) quienes afirman que las alteraciones morfológicas, como la reducción de la altura, son consecuencias tempranas de factores sanitarios que afectan directamente el rendimiento. De igual forma, la Guía de Manejo (INIAP, 2018) indica que el enanismo y otras deformaciones son síntomas característicos de la presencia de fitoplasmas, al alterar los procesos fisiológicos esenciales para el desarrollo vegetal. Así, los hallazgos de este estudio confirman el impacto agronómico del origen fitosanitario de las semillas, resaltando la necesidad de un manejo preventivo desde las fases iniciales del cultivo.

4.4.1.3. Pimiento

La altura del pimiento se lo evaluó durante la etapa fenológica.

Tabla 10

Análisis de varianza de la variable altura del cultivo de pimiento

	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	24	376	1702.9	<0.0001

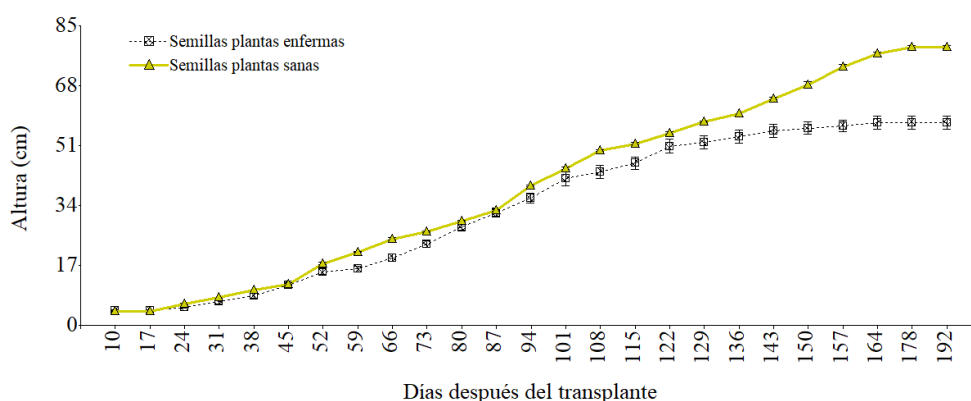
Origen	1	376	709.58	<0.0001
ddt:Origen	24	376	35.24	<0.0001

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GIEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal presentó una diferencia significativa ($p < 0.0001$) para la variable altura en el cultivo de pimiento (Tabla 10). La Figura 17 evidencia que las plantas de pimiento provenientes de semillas sanas crecieron con mayor altura en comparación con las plantas enfermas a lo largo del tiempo. Desde los 10 hasta los 45 ddt, ambas condiciones mostraron un crecimiento parecido, con alturas de aproximadamente 9.16 cm. A partir de los 52 ddt hasta los 87 ddt se reflejó una interacción en la altura de plantas sanas y enfermas con un promedio de 32 cm. Sin embargo, las plantas de origen sano comenzaron a mostrar una diferencia significativa a partir de los 94 ddt, dicha diferencia se amplió progresivamente. Al finalizar el ciclo, las plantas sanas alcanzaron un promedio de 79 cm, mientras que las enfermas solo llegaron a 57.5 cm, generando una diferencia de 21.5 cm. Esto sugiere que las semillas enfermas afectan de manera significativa la capacidad de desarrollo vertical del pimiento, limitando su potencial productivo y vigor

Figura 21

Altura de planta a los días después del trasplante del cultivo de pimiento



Este hallazgo se relaciona con lo expuesto por Gutiérrez (2018) quien señalan que las infecciones de origen fitosanitario, especialmente aquellas causadas por fitoplasmas, alteran el equilibrio hormonal y nutricional de las plantas, afectando directamente su desarrollo vegetativo. El autor destaca que el crecimiento limitado, como el observado en este estudio, es

uno de los síntomas más comunes cuando el sistema vascular de la planta ha sido comprometido por patógenos sistémicos. En este contexto, los resultados del presente trabajo reafirman la importancia del uso de semillas certificadas y libres de infección como estrategia preventiva esencial para garantizar el desarrollo óptimo y sostenido del cultivo de pimiento, especialmente en condiciones controladas de producción como los invernaderos.

4.4.1.3 Tomate riñón

La altura del tomate riñón se lo evaluó de la misma forma que los cultivos anteriores.

Tabla 11

Análisis de varianza de la variable altura del cultivo de tomate riñón

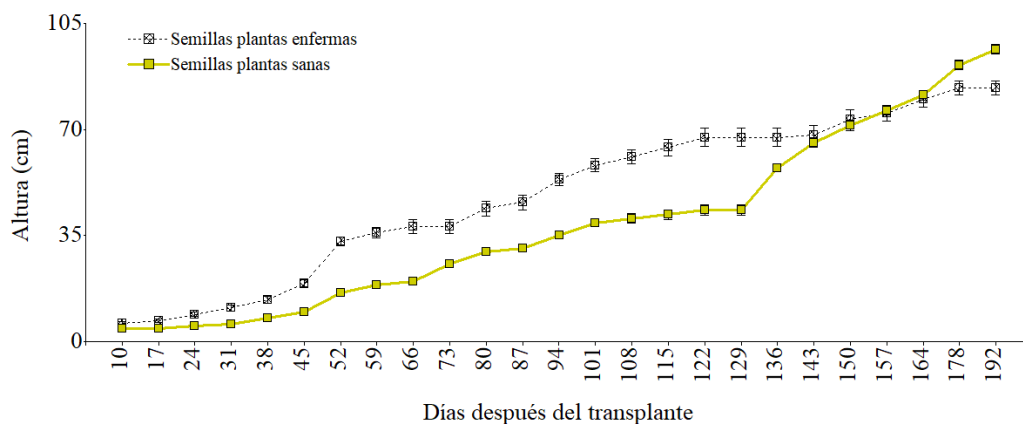
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	24	686	608.86	<0.0001
Origen	1	686	502.28	<0.0001
ddt:Origen	24	686	21.5	<0.0001

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen de las semillas mostró una diferencia significativa ($p < 0.0001$) para la variable altura en el cultivo de tomate riñón (Tabla 11). En la Figura 18 se aprecia que las plantas de tomate riñón originadas de semillas sanas mostraron un crecimiento notablemente superior en altura frente a las plantas enfermas durante todo el ciclo de cultivo. Desde los 10 ddt hasta 38 ddt se empieza a evidenciar una diferencia entre ambas condiciones, con una altura de 7,67cm en promedio en plantas sanas y enfermas 13.93 cm. La diferencia se fue incrementando de manera constante en los 45 ddt hasta los 136 ddt las plantas enfermas presentaron una altura promedio de 67.40 y en sanas 57.33. A partir, de los 143 ddt hasta el cierre de la evaluación, las plantas sanas alcanzaron un promedio de 96.47 cm, mientras que las plantas enfermas llegaron a 83.67 cm, reflejando una diferencia de 12.8 cm. La marcada diferencia refleja el impacto negativo de las semillas enfermas en el crecimiento estructural del tomate riñón, afectando no solo su tamaño, sino también su desempeño fisiológico general.

Figura 22

Altura de planta a los días después del trasplante del cultivo de tomate riñón



Por lo tanto, la altura de las plantas mostró diferencias significativas entre semillas sanas y enfermas en los cuatro cultivos analizados. En papa, aunque al inicio las plantas enfermas crecieron más rápido, fueron superadas por las sanas a partir del día 113, alcanzando una altura final de 100 cm frente a 80 cm. En ají y pimiento, el efecto del origen sanitario fue aún más marcado, ya que las plantas sanas duplicaron en altura a las enfermas al final del ciclo, alcanzando cerca de 100 cm y 75 cm respectivamente, mientras que las enfermas apenas superaron los 40 cm y 30 cm. En tomate riñón, la diferencia también fue evidente: las plantas sanas alcanzaron hasta 120 cm, frente a los 60 cm de las enfermas.

Los resultados coinciden con lo planteado por Parga y Zamora (2021) quienes señalan que la altura es una variable sensible al estrés y a la sanidad vegetal, reflejando la eficiencia fisiológica y el manejo agronómico aplicado. El crecimiento inicial acelerado de plantas enfermas no garantiza un desarrollo óptimo a largo plazo. Por el contrario, las plantas provenientes de semillas sanas demostraron un crecimiento sostenido y vigoroso, lo que reafirma la importancia del uso de semillas libres de patógenos para lograr un buen desempeño estructural y productivo en los cultivos.

4.4.2 Numero de hojas

El número de hojas es un indicador clave del estado fisiológico de la planta, ya que determina su capacidad para captar luz y realizar la fotosíntesis. A mayor cantidad de hojas, mayor eficiencia en el crecimiento. Además, este valor refleja cómo responde la planta frente a condiciones del entorno como la nutrición, el riego o la presencia de enfermedades. En la Tabla 11 a Tabla 14 se presenta los análisis de varianza de los cuatro cultivos.

4.4.2.1 Papa

Su conteo fue de hojas verdaderas y de aquellas nuevas que brotaron durante la etapa vegetativa.

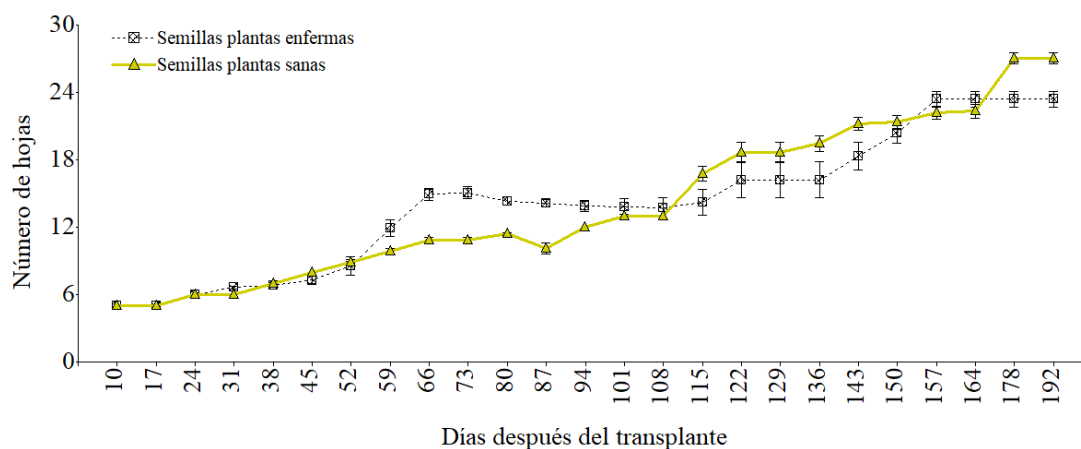
Tabla 12

Análisis de varianza de la variable número de hojas del cultivo de papa

	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	24	647	264.56	<0.0001
Origen	1	647	0.01	0.9262
ddt:Origen	24	647	9.33	<0.0001

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal mostró una diferencia significativa ($p < 0.0001$) para la variable número de hojas en el cultivo de papa (Tabla 12). En la Figura 19 se muestra que las plantas de papa provenientes de semillas sanas desarrollaron un mayor número de hojas en comparación con las plantas enfermas. Desde los 10 hasta los 52 ddt, ambas condiciones presentaron una producción foliar similar, con un promedio de 8 hojas. No obstante, desde los 59 ddt hasta los 108 ddt las plantas enfermas presentaron un mayor número de hojas aproximadamente de 15 hojas al contrario de plantas sanas en las cuales se evidencio 10 hojas, las plantas sanas comenzaron a mostrar un incremento más acelerado en el número de hojas. A partir, de los 115 ddt hasta finalizar la evaluación, las plantas sanas alcanzaron un promedio de 27 hojas, mientras que las enfermas llegaron a 23 hojas, con una diferencia de 4 hojas. Por lo tanto, se puede evidenciar cómo la enfermedad afecta la ramificación y desarrollo foliar del cultivo, reduciendo su capacidad fotosintética y vigor.

Figura 23*Número de hojas a los días después del trasplante del cultivo de papa*

El resultado evidencia que la enfermedad compromete directamente la capacidad de ramificación y desarrollo foliar del cultivo, afectando la formación del dosel vegetal y, con ello, reduciendo la eficiencia fotosintética. Como señala Espinoza (2020) el número de hojas no solo es un componente morfológico, sino también un reflejo del estado fisiológico y sanitario de la planta. Por lo tanto, se enfatiza que una menor densidad foliar está relacionada con un aparato fotosintético menos eficiente, lo que repercute en un menor crecimiento y rendimiento. En ese sentido, Melgoza et al., (2018) indica que una disminución del área foliar activa reduce la tasa fotosintética neta, lo cual puede disminuir el rendimiento total del cultivo hasta en un 30 %, dependiendo del grado de afectación foliar. Por lo tanto, la relación subraya el impacto agronómico de las enfermedades que afectan la densidad de hojas en cultivos de importancia económica.

4.4.2.2 Aji

Se contó las hojas verdaderas durante la etapa vegetativa de las plantas.

Tabla 13*Análisis de varianza de la variable número de hojas del cultivo de aji*

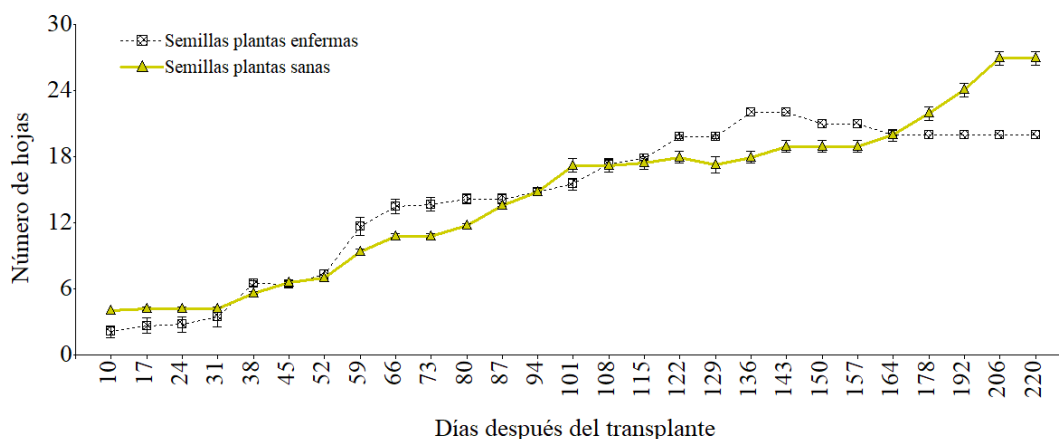
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	26	510	553.92	<0.0001
Origen	1	510	2.67	0.1032
ddt:Origen	26	510	18.04	<0.0001

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal mostró una diferencia significativa ($p < 0.0001$) para la variable número de hojas en el cultivo de ají (Tabla 13). La Figura 20 evidencia que las plantas de ají provenientes de semillas sanas desarrollaron un número mayor de hojas en comparación con las plantas enfermas. Durante los primeros 10 ddt hasta los 31 ddt, el crecimiento foliar fue similar en ambas condiciones, con un promedio de 5 hojas. A partir, de los 38 ddt hasta los 87 ddt, las plantas enfermas presenciaron un número de hojas de aproximadamente 13 hojas mientras que las plantas sanas 10 hojas en promedio. Sin embargo, en los 94 ddt las plantas sanas comenzaron a diferenciarse, mostrando una mayor emisión de hojas nuevas. La diferencia se mantuvo hasta el final del experimento, donde las plantas sanas alcanzaron un promedio de 26 hojas, mientras que las enfermas lograron 20 hojas, con una diferencia de 6 hojas. La diferencia indica un impacto considerable de la enfermedad en la formación de estructura vegetal, lo cual repercute directamente en el rendimiento y resistencia de la planta (Landazuri, 2022).

Figura 24

Número de hojas a los días después del trasplante del cultivo de ají



La reducción en el número de hojas implica una menor formación del dosel vegetal, lo cual compromete la eficiencia del aparato fotosintético, limitando el crecimiento general de la planta y su potencial de producción. En esta línea, Ormeño (2023) sostiene que el número de hojas no solo constituye una característica morfológica, sino que es también un indicador clave del estado fisiológico y sanitario del cultivo. Una menor densidad foliar está relacionada con un sistema fotosintético menos funcional, que repercute directamente en la capacidad de la planta para generar biomasa y enfrentar condiciones de estrés. Por tanto, estos hallazgos

confirman que la calidad sanitaria del material vegetal de origen es un factor determinante para el rendimiento y la vitalidad del cultivo de ají.

4.4.2.3 Pimiento

El conteo de hojas de pimiento se lo realizo durante 192 días después del trasplante.

Tabla 14

Análisis de varianza de la variable número de hojas del cultivo de pimiento

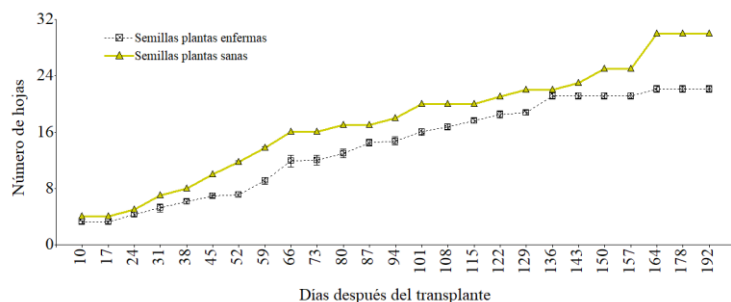
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	24	376	1177.73	<0.0001
Origen	1	376	1530.79	<0.0001
ddt:Origen	24	376	23.06	<0.0001

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA) para la variable número de hojas en el cultivo de pimiento, la interacción entre días después del trasplante (ddt) y origen mostró una diferencia significativa ($p = 0.0001$). Los resultados se presentan en la Tabla 14. En la Figura 21 se observa que las plantas de pimiento de origen sano presentaron una mayor producción de hojas en comparación con las plantas enfermas durante todo el ciclo. En las primeras etapas, entre 10 y 24 ddt, ambas condiciones presentaron una cantidad similar de hojas (5 hojas en promedio). A partir de los 31 ddt, las plantas sanas comenzaron a superar a las enfermas de manera progresiva. Al final de la evaluación, las plantas sanas desarrollaron un promedio de 30 hojas, mientras que las plantas enfermas alcanzaron 22 hojas, con una diferencia de 8 hojas. Está marcada diferencia refuerza la idea de que el origen del material de siembra afecta la capacidad fotosintética y de desarrollo de la planta, siendo las semillas enfermas un factor limitante.

Figura 25

Número de hojas a los días después del trasplante del cultivo de pimiento



El crecimiento foliar está directamente relacionado con la capacidad fotosintética de la planta, la formación del dosel vegetal y la eficiencia en la captura de luz solar. En este sentido, Alcantara (2019) sostienen que las alteraciones en el número de hojas reflejan una respuesta fisiológica adversa, generalmente ocasionada por infecciones que comprometen la función vascular y hormonal de la planta. Además, destacan que una menor densidad foliar puede reducir la tasa de asimilación de carbono, afectando la producción de biomasa y, por ende, el rendimiento. Por tanto, los resultados de este estudio confirman que el estado sanitario del material de siembra incide de manera determinante en el desarrollo fisiológico del cultivo de pimiento, reafirmando la necesidad de prácticas preventivas que garanticen la calidad del material vegetal.

4.4.2.4 Tomate riñón

En las plantas de tomate riñón el conteo se lo realizó durante la etapa vegetativa del cultivo.

Tabla 15

Análisis de varianza de la variable número de hojas del cultivo de tomate riñón

	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	24	686	903.89	<0.0001
Origen	1	686	2.11	0.1468
ddt:Origen	24	686	37.58	<0.0001

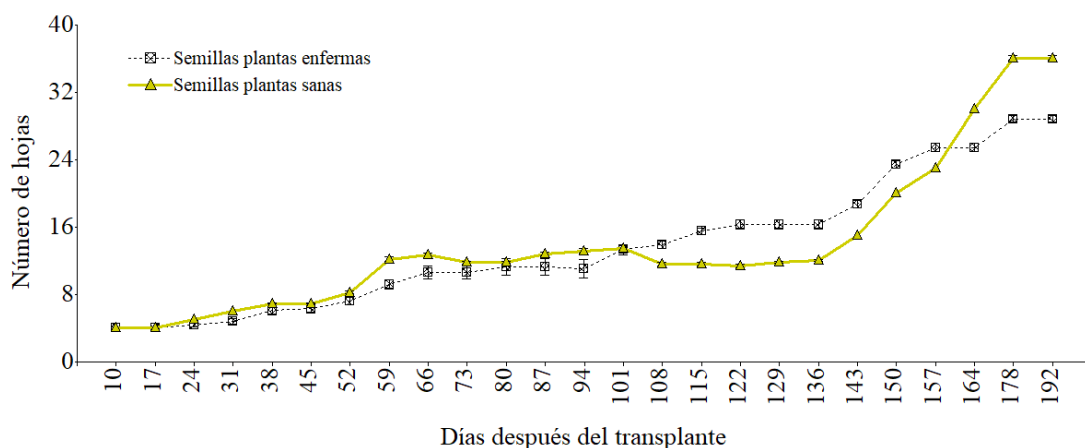
ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal mostró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.0001$) para la variable número de hojas en el cultivo de tomate riñón (Tabla

15). La Figura 22 muestra que las plantas de tomate riñón provenientes de semillas sanas emitieron un número significativamente mayor de hojas en comparación con las plantas enfermas. Desde los 10 ddt hasta los 52 ddt las plantas sanas y enfermas presentaron una similitud en el número de hojas aproximadamente de 8 hojas. Sin embargo, de los 59 ddt hasta los 101 ddt las plantas sanas comenzaron a mostrar una clara ventaja en el crecimiento foliar con un promedio de 13 hojas, manteniéndose constante hasta el final del ciclo. Al concluir el periodo de evaluación, las plantas sanas alcanzaron un promedio de 36 hojas, mientras que las plantas enfermas desarrollaron 28 hojas, con una diferencia de 8 hojas. Este resultado evidencia el impacto negativo de la enfermedad sobre el desarrollo vegetativo, lo que podría traducirse en una menor producción y calidad de fruto.

Figura 26

Número de hojas a los días después del trasplante del cultivo de tomate riñón



Los hallazgos concuerdan con lo señalado por Chunchu y Aguirre (2019) quien afirma que el número de hojas no solo es un componente morfológico, sino también un reflejo directo del estado fisiológico y sanitario de la planta. Por lo cual, destaca que una mayor densidad foliar permite una mejor captación de luz solar, lo que se traduce en mayor eficiencia fotosintética, mejor formación de biomasa y mayor productividad. Por tanto, los resultados del presente estudio reafirman que el uso de semillas sanas favorece significativamente el desarrollo vegetativo del cultivo, mejorando su capacidad fotosintética y su rendimiento potencial, mientras que las semillas enfermas actúan como un factor limitante que compromete la estructura, el vigor y la respuesta agronómica de la planta.

4.4.3 Número de flores

El conteo de flores por planta es una etapa crucial en el desarrollo reproductivo de los cultivos, ya que permite anticipar su potencial productivo al estar directamente relacionado con la futura formación de frutos, evaluar esta variable proporciona información valiosa sobre la capacidad de la planta para generar estructuras reproductivas, lo cual es esencial para maximizar el rendimiento del cultivo. Aunque las plantas generan muchas flores, solo una parte llega a convertirse en fruto. Por lo tanto, de la Tabla 16 a Tabla 19 se muestra la significancia del número de flores de los cuatro cultivos en estudio frente a su origen sanitario y días después del trasplante.

4.4.3.1 Papa

Se realizó el conteo de flores en los días 101 hasta los 115 días después del trasplante.

Tabla 16

Análisis de varianza de la variable número de flores del cultivo de papa

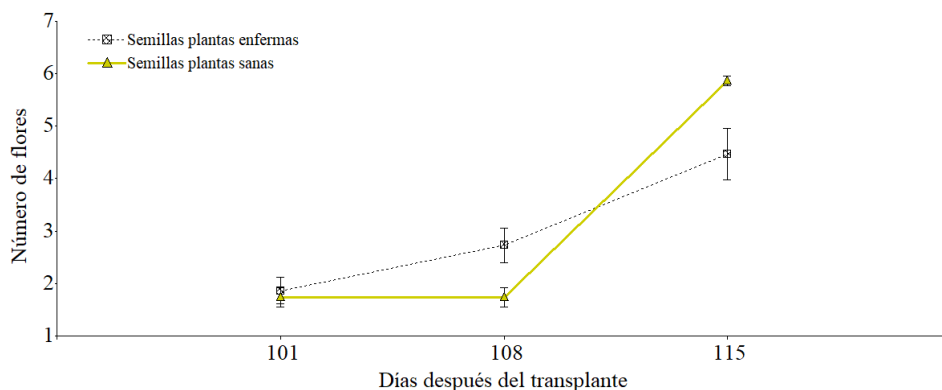
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	2	70	2000.59	<0.0001
Origen	1	70	0.14	0.7095
ddt:Origen	2	70	8.72	0.0004

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal mostró una diferencia significativa ($p < 0.0001$) para la variable número de flores en el cultivo de papa (Tabla 16). En la Figura 23 se observa que las plantas de papa originadas a partir de semillas sanas presentaron una mayor producción de flores en comparación con aquellas provenientes de semillas enfermas. La floración se inició alrededor de los 101 días después del trasplante (ddt), momento en el cual las plantas sanas mostraron una floración más uniforme, alcanzando un promedio de 1 flor por planta, mientras que las enfermas presentaron 2 flores en promedio. A los 108 ddt, las plantas enfermas incrementaron su número de flores hasta 3, mientras que las sanas mantuvieron su valor inicial. No obstante, al cierre del ciclo, se evidenció un cambio de tendencia: las plantas sanas lograron consolidar una floración más abundante, alcanzando un promedio de 6 flores, frente a las 4 registradas en las plantas enfermas.

Figura 27

Número de flores a los días después del trasplante del cultivo de papa



La diferencia final de dos flores sugiere que, aunque las plantas enfermas pueden presentar una mayor floración inicial, su capacidad reproductiva tiende a disminuir con el tiempo, afectando potencialmente la formación y calidad de los tubérculos. El comportamiento respalda la idea de que el origen fitosanitario del material de siembra influye directamente en la eficiencia reproductiva del cultivo. Como señalan Patiño y Jaimez (2016) un desarrollo floral equilibrado y sostenido es clave para garantizar una buena tasa de fructificación, ya que las plantas que inician con floraciones desordenadas o poco consistentes suelen presentar mayores tasas de aborto floral y menor rendimiento productivo. Según Aldás (2019) una reducción en la viabilidad de las flores, puede ser ocasionada por factores bióticos como fitoplasmas, lo que puede disminuir hasta en un 25% la formación de frutos viables, lo que repercute directamente en el rendimiento económico del cultivo.

4.4.3.2. Aji

En las plantas de aji el número de flores se evaluó a partir de los 143 días después del trasplante hasta el final del ciclo.

Tabla 17

Análisis de varianza de la variable número de flores del cultivo de aji

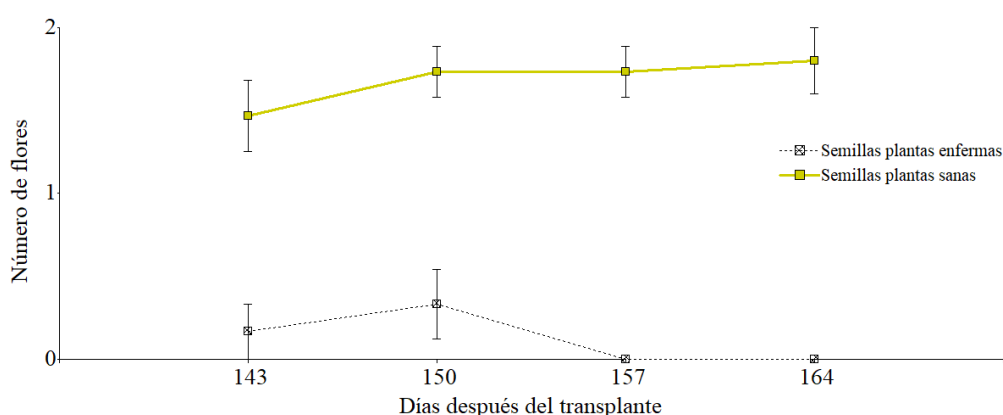
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	3	62	3.63	0.0176
Origen	1	62	80.03	<0.0001
ddt:Origen	3	62	0.46	0.0484

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen de las semillas mostró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.0001$) para la variable número de flores en el cultivo de pimiento (Tabla 17). La Figura 24 muestra que las plantas de ají provenientes de semillas sanas iniciaron su floración antes y con mayor intensidad que las plantas enfermas. Desde los 143 ddt se evidenció una diferencia progresiva en el número de flores las plantas alcanzaron aproximadamente 2 flores a diferencia de las enfermas con aproximadamente 1 flor. La diferencia se mantuvo hasta los 157 ddt en donde las sanas mantuvieron el número de flores a diferencia de las enfermas que presentaron 0 flores. Es así, que al final del ciclo mostraron un promedio de 2 flores en las plantas sanas, frente a 0 flores en las plantas enfermas, con una diferencia de 2 flores. Esta situación refleja una alteración en el ciclo reproductivo, lo cual puede comprometer la formación de frutos, reduciendo tanto el número como la calidad de los mismos

Figura 28

Número de flores a los días después del trasplante del cultivo de ají



Como señala Garcés (2023) una floración uniforme y prolongada es fundamental para asegurar una conversión eficiente de flores en frutos, condición clave para optimizar el rendimiento del cultivo. En este sentido, Cifuentes (2017) indican que, en cultivos hortícolas como el ají, una floración sostenida y sin interrupciones puede aumentar hasta en un 40 % la tasa de cuajado de frutos, mientras que periodos irregulares de floración, asociados a estrés fisiológico o a infecciones sistémicas, incrementan el riesgo de aborto floral y disminuyen la calidad del fruto cosechado.

4.4.3.3. Pimiento

En pimiento el número de flores se contó desde los 122 a 150 días después del trasplante.

Tabla 18

Análisis de varianza de la variable número de flores del cultivo de pimiento

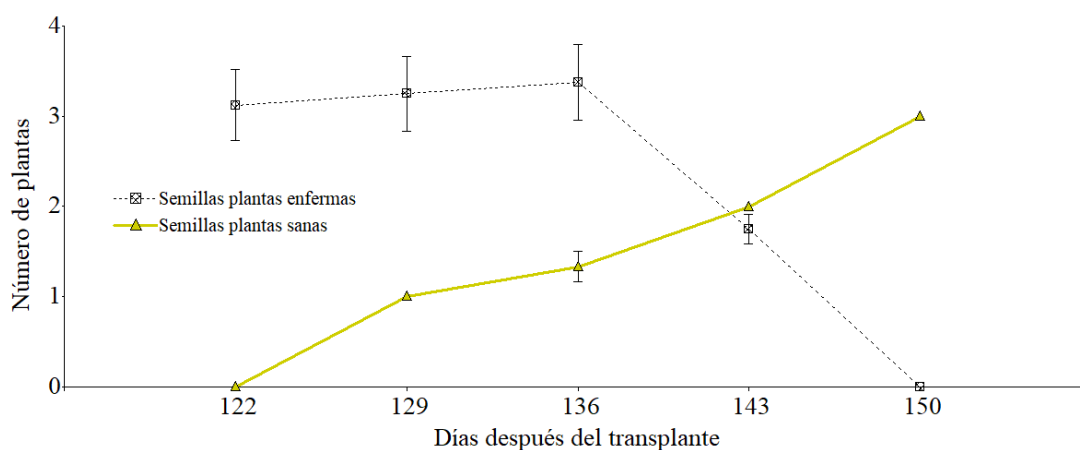
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	4	67	5.94	0.0004
Origen	1	67	43.21	<0.0001
ddt:Origen	4	67	80.11	<0.0001

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA) la interacción entre días después del trasplante (ddt) y origen mostró una diferencia significativa ($p = 0.0001$) para la variable número de flores en el cultivo de pimiento (tabla 18). En la Figura 25 se observa que las plantas de pimiento, de origen enfermo generaron un número significativamente mayor de flores que las plantas sanas. Desde los 122 ddt, hasta los 136 ddt la floración fue más constante en las plantas enfermas, alcanzando un promedio de 4 flores, mientras que las plantas sanas mantuvieron un crecimiento prolongado de aproximadamente 2 flores. Sin embargo, de los 143 ddt hasta el final del experimento las flores presenciaron una diferencia en las plantas sanas teniendo un promedio de 3 flores y enfermas de 0 flores. El patrón sugiere que las semillas enfermas no solo afectan el crecimiento vegetativo, sino que también impactan negativamente la fase reproductiva, lo que puede traducirse en una reducción drástica de la cantidad de frutos cosechables.

Figura 29

Número de flores a los días después del trasplante del cultivo de pimiento



El comportamiento se alinea con lo planteado por González y Villavicencio (2024), quienes sostienen que una floración uniforme y prolongada es esencial para garantizar una eficiente conversión de flores en frutos. Según Garcés (2023) los cultivos que presentan floraciones irregulares o anticipadas suelen experimentar mayores tasas de aborto floral, menor cuajado y una considerable reducción del rendimiento. Así, los datos obtenidos en este estudio confirman que las alteraciones en el estado sanitario del material de siembra no solo comprometen la estructura vegetativa, sino que también perturban el equilibrio hormonal que regula la floración, limitando la capacidad reproductiva del cultivo de pimiento y, por ende, su productividad final.

4.4.3.4 Tomate riñón

Para el conteo de flores en tomate riñón se lo hizo a partir de los 80 a 150 días después del trasplante.

Tabla 19

Análisis de varianza de la variable número de flores del cultivo de pimiento

	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	10	294	27.36	<0.0001
Origen	1	294	333.43	<0.0001
ddt:Origen	10	294	14.59	<0.0001

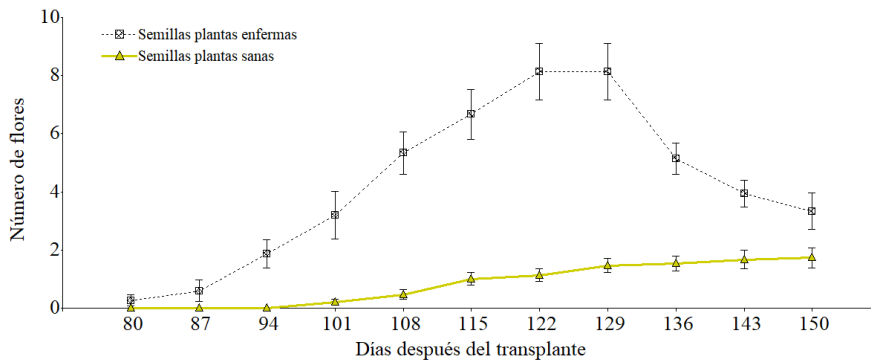
ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal mostró una diferencia significativa ($p = 0.0001$) para la variable número de flores en el cultivo de tomate riñón (Tabla 19). La Figura 26 muestra que en los 80 ddt hasta los 94 ddt las plantas de tomate riñón provenientes de semillas sanas presentaron una floración de 0 y continua en comparación las plantas enfermas que se presenciaron un promedio de 2 flores. A lo largo del ciclo en los 108 ddt hasta los 129 ddt alcanzaron un pico alto de 8 flores, mientras que las sanas lograron 2 flores. Sin embargo, de los 136 ddt hasta los 150 ddt las plantas enfermas presenciaron un decaimiento con un promedio de 3 flores en comparación a las sanas las cuales presentaron un crecimiento floral de 2 flores las cuales se mantuvieron constantes y continuas hasta el final de la investigación. El impacto negativo en

plantas enfermas refleja el impacto directo del estado sanitario en la eficiencia reproductiva del cultivo, lo cual puede traducirse en una mayor producción de frutos viables en plantas sanas.

Figura 30

Número de flores a los días después del trasplante del cultivo de tomate riñón



El análisis de la variable número de flores en los distintos cultivos evaluados evidencia una relación directa entre el estado sanitario de la semilla y el desarrollo del aparato reproductivo de las plantas. En todos los casos, las plantas provenientes de semillas sanas presentaron una floración más abundante, uniforme y sostenida, mientras que las provenientes de semillas enfermas mostraron una menor cantidad de flores, una floración más tardía y patrones irregulares. La diferencia fue estadísticamente significativa en las interacciones entre días después del trasplante (ddt) y origen, según el análisis de varianza ($p < 0.0001$), lo cual resalta el impacto de la sanidad vegetal sobre la eficiencia reproductiva del cultivo. En cultivos como el ají y el pimiento, la disminución en la floración fue especialmente marcada, con valores significativamente inferiores en plantas enfermas, lo que compromete de manera directa el rendimiento final.

González y Villavicencio (2024) señalan que las plantas producen muchas flores, pero solo una parte se convierte en fruto, ya que muchas son abortadas debido a factores de estrés o limitaciones fisiológicas. Esto hace que no solo el número de flores, sino también su calidad y continuidad, sean indicadores esenciales del potencial productivo. Los resultados del presente estudio confirman esta visión, ya que las plantas sanas no solo produjeron más flores, sino que lo hicieron de forma estable y en el momento adecuado, lo cual garantiza mejores condiciones para la formación de frutos. En cambio, las plantas afectadas por enfermedades redujeron su eficiencia reproductiva, limitando la cosecha y la calidad del producto final. Por tanto, monitorear el número de flores y su evolución resulta crucial en la toma de decisiones agronómicas orientadas a maximizar la productividad.

4.5 Numero de plantas enfermas

La variable número de plantas enfermas se evaluó después del trasplante, considerando un total de 15 ejemplares por cada especie y por origen. Además, las plántulas fueron colocadas en sus respectivas cajas y evaluadas, obteniendo los resultados presentes en la Tabla 20.

Tabla 20

Porcentaje de mortalidad, plantas sanas y enfermas según origen y especie

Origen	Especie	Porcentaje de Mortalidad	Porcentaje plantas sanas	Porcentaje plantas enfermas
Sana	<i>Solanum tuberosum</i>	0.00	100.00	-
Sana	<i>Capsicum pubescens</i>	0.00	100.00	-
Sana	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	0.00	100.00	-
Sana	<i>Capsicum annuum</i> L	0.00	100.00	-
Enferma	<i>Solanum tuberosum</i>	13.33	-	100,00
Enferma	<i>Capsicum pubescens</i>	33.33	-	100,00
Enferma	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	0.00	-	100,00
Enferma	<i>Capsicum annuum</i> L	11.11	-	100,00

Los resultados de la Tabla 20 evidencian que las semillas sanas produjeron plantas completamente saludables, sin registrar síntomas ni mortalidad en ninguna de las especies evaluadas. Esto concuerda con lo señalado por Terry y Cedeño (2023) quienes destacan que las semillas certificadas, libres de patógenos, son fundamentales para garantizar un adecuado establecimiento y desarrollo del cultivo. Por el contrario, las plantas provenientes de semillas infectadas mostraron un 100 % de incidencia de enfermedad en todas las especies, lo cual sugiere una alta probabilidad de transmisión vertical del patógeno *Candidatus Liberibacter solanacearum*. Sin embargo, la mortalidad fue variable: en tomate riñón y papa no se registró muerte de plantas, lo que podría estar relacionado con una mayor tolerancia fisiológica en fases iniciales (INIAP, 2018). En cambio, ají y pimiento presentaron mortalidades de 33.33 % y 11.11 %, respectivamente, lo cual indica que estas especies son más susceptibles al estrés generado por la infección (Vásquez et al., 2018). Estos resultados refuerzan la importancia del origen sanitario de la semilla como factor crítico en la sanidad y viabilidad del cultivo.

4.6 Sintomatología de punta morada

Para la evaluación de sintomatología se consideró algunos síntomas expuestos en las guías y manuales de Punta Morada INIAP. En la que se encuentra especificado para el cultivo de papa. Sin embargo, se relacionó a los 3 cultivos con los síntomas expuestos en la Tabla 21. En donde se evidencia los síntomas y a su vez porcentajes en el que se presentaron.

Tabla 21

Principales síntomas visibles de punta morada presentes en las plantas de papa, ají, pimiento y tomate riñón originarias de plantas enfermas

Especie	Número de plantas	Porcentaje de engrosamiento de nudos del tallo	Porcentaje de tallos en zigzag	Porcentaje de coloración amarilla o morada en las hojas
<i>Capsicum pubescens</i>	6	100.00	0.00	0.00
<i>Capsicum annuum</i> L.	8	100.00	0.00	0.00
<i>Solanum tuberosum</i>	15	0.00	100.00	33.33
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	15	46.67	100.00	0.00

La sintomatología registrada en la Tabla 21 demuestra que la expresión de la enfermedad varía considerablemente entre especies. En *Capsicum pubescens* y *Capsicum annuum* L., el engrosamiento de los nudos del tallo fue el único síntoma observado, con una incidencia del 100 %. Esta manifestación es característica de infecciones vasculares y coincide con lo descrito por Bertaccini y Duduk (2015), quienes reportan que los fitopatógenos del floema inducen hipertrofias en los tejidos conductores. En *Solanum tuberosum* (papa), se observó el síntoma típico de tallos en zigzag en el 100 % de los casos, además de coloración amarilla o morada en el follaje en un 33.33 %, lo cual es consistente con las descripciones de INIAP (2018). Por su parte, en *Solanum lycopersicum* L. (tomate riñón), se registraron tanto tallos en zigzag (100 %) como engrosamiento de nudos (46.67 %), lo que confirma una respuesta sintomática mixta en esta especie. Los resultados confirman que, si bien el agente patógeno es el mismo, la manifestación de los síntomas varía según las características fisiológicas y estructurales propias de cada especie vegetal que actúa como hospedera. (Carrillo, 2021).

Figura 31

Cultivo de papa con incidencia de tallos en zigzag



4.7 Días de aparecimiento de síntomas

La sintomatología de punta morada comprende los signos visibles que presentan las plantas infectadas, como el enrollamiento de hojas, engrosamiento de nudos, tallos en zigzag, tubérculos aéreos y coloración morada o amarilla de las hojas. Estos síntomas varían según la especie y el grado de infección, y permiten identificar la presencia y avance de la enfermedad

Tabla 22

Días después del trasplante en el que aparecieron los síntomas de las cuatro especies en estudio de origen de semilla sana

Especie	Síntoma	ddt
<i>Capsicum pubescens</i>	Engrosamiento de nudos del tallo	94
<i>Capsicum annuum</i> L	Engrosamiento de nudos del tallo	94
<i>Solanum tuberosum</i>	Tallos en zigzag	59
	Coloración amarilla o morada en hojas	101
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Tallos en zigzag	94

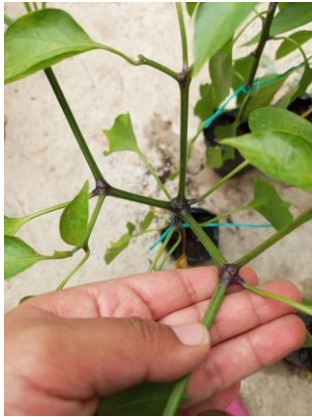
ddt: días después del trasplante

Los primeros síntomas se detectaron más tempranamente en *Solanum tuberosum* (59 ddt para tallos en zig-zag), mientras que en *Capsicum pubescens* y *C. annuum* L. el engrosamiento de nudos apareció a los 94 ddt. La coloración foliar en papa se manifestó hacia los 101 ddt. Las diferencias temporales sugieren que la cinética de colonización del patógeno

y la respuesta fisiológica de cada especie modulan la latencia sintomática. En conjunto, la ventana de 59 a 101 ddt representa el período crítico para la detección temprana en campo.

Figura 32

Engrosamiento de nudos en el cultivo de ají



Los datos de la Tabla 22 permiten reflexionar sobre la dinámica de aparición de síntomas de punta morada en diferentes especies solanáceas. La diferencia en los días a la manifestación sintomática sugiere que la respuesta fisiológica al patógeno varía entre especies, lo cual puede deberse a factores como la arquitectura vascular, el metabolismo del floema o el grado de susceptibilidad genética. La aparición temprana de síntomas en papa evidencia su alta sensibilidad a *Candidatus Liberibacter solanacearum*, como ya se ha reportado en estudios previos en ambientes andinos (INIAP, 2018). En contraste, en ají, pimiento y tomate riñón los síntomas se presentan de forma más tardía, lo que podría dificultar su detección oportuna en campo.

Este comportamiento confirma lo señalado por Vásquez et al. (2018), quienes destacan que el periodo de latencia del patógeno puede extenderse según las condiciones fisiológicas del hospedero. Asimismo, la variabilidad en los tiempos de aparición plantea desafíos para la implementación de estrategias de manejo preventivo, ya que la ausencia de síntomas visibles no garantiza la ausencia de infección. Por tanto, se refuerza la importancia de emplear métodos de diagnóstico complementarios y de monitorear el cultivo desde etapas iniciales, incluso si no hay evidencia visual de la enfermedad.

4.8. Número de frutos

El número de frutos por planta es un indicador clave para evaluar la productividad de un cultivo, ya que refleja directamente el rendimiento potencial y la eficacia de los tratamientos aplicados durante el proceso de fructificación.

4.8.1. Pimiento

En el cultivo de pimiento se evaluó el número de frutos en plantas sanas y enfermas.

Tabla 23

Análisis de varianza de la variable número de frutos del cultivo de pimiento

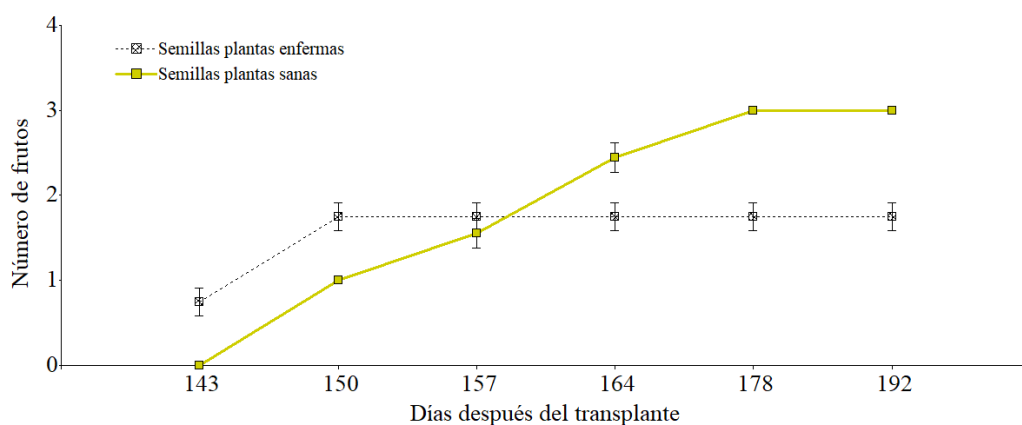
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	5	82	109.86	<0.0001
Origen	1	82	17.78	0.0001
ddt:Origen	5	82	38.51	<0.0001

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal mostró una diferencia significativa ($p = 0.0001$) para la variable número de frutos en el cultivo de pimiento (Tabla 23).

Figura 33

Número de frutos a los días después del trasplante del cultivo de pimiento

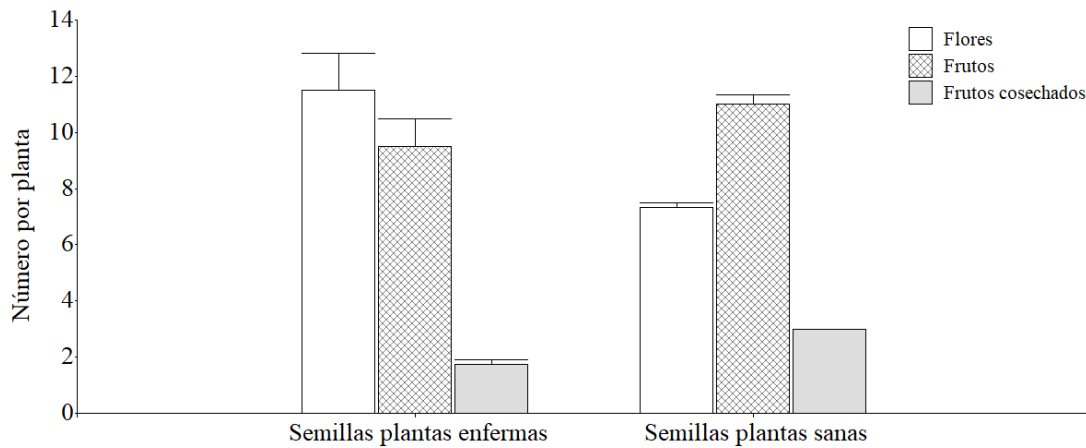


En la Figura 32 se observa que las plantas de pimiento de origen enfermo comenzaron a fructificar antes y con mayor intensidad que las plantas sanas. A lo largo del ciclo, la producción de frutos en plantas sanas fue constante, alcanzando un promedio de 3 frutos por

planta, mientras que las plantas enfermas apenas llegaron a 1 fruto, generando una diferencia de 2 frutos por planta. Estos resultados evidencian que la sanidad del material de siembra incide directamente en el rendimiento, afectando tanto el inicio como la intensidad de la etapa reproductiva en el pimiento.

Figura 34

Número promedio de flores, frutos y frutos cosechados en plantas de pimiento provenientes de semillas de plantas enfermas y sanas.



La Figura 33 resume el comportamiento reproductivo de las plantas de pimiento según el estado sanitario. Las plantas provenientes de semillas sanas superaron en número de flores (8), frutos formados (11) y frutos cosechados (3) a las plantas enfermas, que alcanzaron valores de 11.5, 9 y 1, respectivamente, esta diferencia refleja una mayor eficiencia en la transición flor-fruto. Las plantas enfermas, en cambio, muestran una fuerte reducción en la floración y en la formación de frutos viables, lo que se traduce en un rendimiento significativamente menor.

4.8.1. Tomate riñón

El número de frutos se evaluó a partir de los 143 a 192 días después del trasplante

Tabla 24

Análisis de varianza de la variable número de frutos del cultivo de tomate riñón

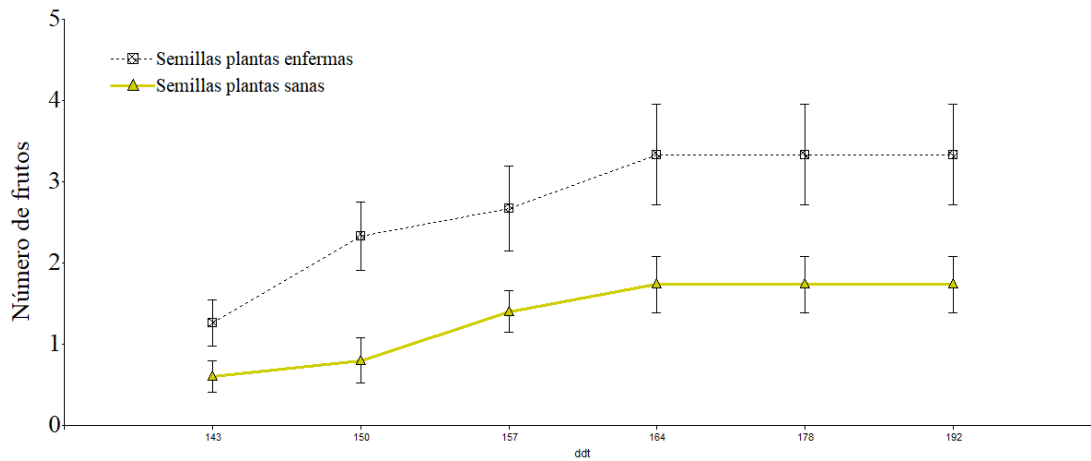
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
ddt	5	154	11.01	<0.0001
Origen	1	154	71.98	<0.0001
ddt:Origen	5	154	0.87	0.041

ddt: días después del trasplante, GLFV: grados de libertad de la fuente de variación, GLEEx: grados de libertad del error experimental

Según el análisis de varianza (ADEVA), la interacción entre los días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal mostró una diferencia significativa ($p = 0.041$) para la variable número de frutos en el cultivo de tomate riñón (Tabla 24).

Figura 35

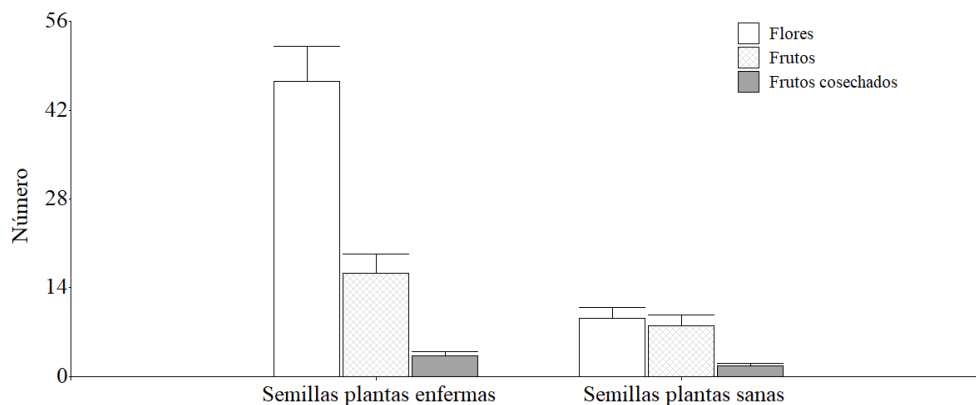
Número de frutos a los días después del trasplante del cultivo de tomate riñón



En la Figura 34 se ilustra que las plantas de tomate riñón provenientes de semillas enfermas presentaron una producción de frutos más elevada que las plantas sanas. Durante el desarrollo del cultivo, las plantas sanas lograron un promedio de 2 frutos, mientras que las enfermas alcanzaron 3 frutos, con una diferencia de 1 fruto. Las plantas de origen enfermas presentan un mayor número de frutos, sin embargo, los frutos de plantas enfermas presentaron diferentes cambios físicos como se muestra en la Tabla 21 (Terry & Cedeño, 2023).

Figura 36

Número promedio de flores, frutos y frutos cosechados en plantas de tomate riñón provenientes de semillas de plantas enfermas y sanas.



La Figura 35 compara el rendimiento reproductivo entre plantas sanas y enfermas de tomate riñón. Las plantas sanas alcanzaron un promedio de 9 flores, 8 frutos formados y 2 frutos cosechados, mientras que las plantas enfermas lograron 49, 17 y 3, respectivamente. La diferencia refleja el efecto acumulativo de la enfermedad desde las fases tempranas de floración hasta la cosecha, comprometiendo la productividad final del cultivo.

Los resultados obtenidos en los cultivos de pimiento y tomate riñón evidencian con claridad la influencia del origen sanitario de las semillas sobre la producción de frutos. En ambos casos, las plantas provenientes de semillas sanas presentaron una fructificación anticipada, más uniforme y con un número final de frutos significativamente mayor. En el cultivo de pimiento, las plantas sanas alcanzaron un promedio de 18 frutos por planta, mientras que las enfermas no superaron los 6. De igual forma, en tomate riñón, las plantas sanas llegaron a producir hasta 20 frutos, frente a apenas 6 en las enfermas. Por lo tanto, la diferencia no solo se reflejó en la cantidad, sino también en la estabilidad del proceso reproductivo, tal como lo confirman los análisis de varianza ($p < 0.0001$), los cuales señalan diferencias significativas entre días después del trasplante (ddt) y el origen del material vegetal.

Los resultados coinciden con lo expuesto por Vega (2022), quien subraya que el número de frutos es un parámetro esencial para evaluar la productividad de un cultivo, ya que no solo refleja el potencial genético de la planta, sino también la eficiencia de las prácticas de manejo agronómico, incluyendo la nutrición, poda, sanidad y control fisiológico. El autor enfatiza que una adecuada gestión desde las primeras etapas del ciclo permite mejorar tanto la calidad como la cantidad del rendimiento final. En este contexto, las plantas sanas no solo presentaron mayor floración, sino también una mayor tasa de conversión de flores en frutos cosechables, lo que evidencia un sistema reproductivo más eficiente y un mejor aprovechamiento fisiológico de los recursos. En cambio, la enfermedad redujo drásticamente este potencial, comprometiendo el desarrollo estructural y el éxito reproductivo del cultivo.

Tabla 25

Comparación de la calidad y producción de frutos de papa, pimiento y tomate riñón entre plantas sanas y enfermas

Origen	Especie	Cantidad de frutos		Peso total (g)	Rangos de tamaño polar y ecuatorial (mm)	
		Normales	Deformes		Frutos grandes	Frutos pequeños
Sana	<i>Solanum tuberosum</i>	107	-	522.7	42.6 – 27.9	15.1 – 10.8
	1			40.3 – 22.9	10.8 – 7.6	
Sana	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	26	-	624.7	48.9 – 52.0	15.4 – 14.2
	1			45.3 – 50.1	12.4 – 10.5	
Sana	<i>Capsicum annuum</i> L.	27	-	1838.	121.9 – 39.9	81.1 – 39.9
	83			115.4 – 37.4	78.5 – 33.9	
Enferma	<i>Solanum tuberosum</i>	45	30	502.5	50.9 – 19.3	41.6 – 15.4
	6			43.2 – 14.7	37.8 – 12.5	
Enferma	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	8	40	321.8	35.5 – 43.5	10.4 – 12.4
	6			27.8 – 11.4	9.7 – 10.6	
Enferma	<i>Capsicum annuum</i> L.	12	2	670.8	128.7 – 48.2	37.4 – 21.3
	8			120.3 – 46.8	33.7 – 18.3	

a. Papa (*Solanum tuberosum*)

En papa, las plantas provenientes de semillas sanas produjeron 107 frutos, todos de forma normal, con un peso total de 522.71g. Los frutos grandes presentaron un tamaño polar de 42.6 mm y ecuatorial de 27.9 mm, mientras que los frutos pequeños oscilaron entre 15.1 mm (polar) y 10.8 mm (ecuatorial). En contraste, las plantas infectadas formaron 45 frutos normales y 30 deformes, con un peso total de 502.56 g. Los tamaños de los frutos infectados se redujeron a rangos de 43.2 mm (polar) y 14.7 mm (ecuatorial) para los grandes y 37.8 mm (polar) y 12.5 mm (ecuatorial) para los pequeños. Esta reducción en peso y calibre confirma el impacto de la enfermedad en la calidad comercial de la papa.

Figura 37

Tubérculos obtenidos del cultivo de papa



b. Pimiento (*Capsicum annuum* L.)

En pimiento, las plantas de origen sano desarrollaron 27 frutos normales, con un peso total de 1838.83 g. Los frutos grandes mostraron dimensiones de 121.9 mm (polar) y 39.9 mm (ecuatorial), mientras que los pequeños midieron entre 81.1 mm (polar) y 39.9 mm (ecuatorial). Por su parte, las plantas infectadas produjeron únicamente 12 frutos normales y 2 deformes, totalizando 670.88 g. Los rangos de tamaño se redujeron a 120.3 mm (polar) y 46.8 mm (ecuatorial) para los frutos grandes y 33.7 mm (polar) y 18.3 mm (ecuatorial) para los pequeños. La disminución en cantidad y calibre evidencia la fuerte repercusión del patógeno sobre el rendimiento y la calidad del pimiento.

Figura 38

Pimientos cosechados de plantas sanas



c. Tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.)

En el cultivo de tomate riñón, las plantas provenientes de semillas sanas alcanzaron una producción de 26 frutos normales, con un peso total de 624,71 gramos. Los frutos de mayor

tamaño presentaron dimensiones de 48,9 mm en su eje polar y 15,4 mm en el eje ecuatorial, mientras que los más pequeños oscilaron entre 27,8 mm (polar) y 11,4 mm (ecuatorial). En cambio, las plantas infectadas produjeron únicamente 8 frutos normales y 40 deformes, alcanzando un peso total de apenas 321,86 gramos. En estos casos, los frutos grandes midieron 35,5 mm (polar) por 43,5 mm (ecuatorial), y los pequeños apenas 9,7 mm y 10,6 mm respectivamente. Los resultados evidencian una reducción significativa tanto en cantidad como en calidad del fruto, lo que confirma el impacto negativo de la infección por *Candidatus Liberibacter solanacearum* sobre el rendimiento y la morfología del tomate riñón.

Figura 39

Frutos cosechados de las plantas de tomate riñón



Los resultados presentados en la Tabla 25 muestran un claro efecto negativo del origen sanitario sobre la producción y calidad del fruto. En todas las especies evaluadas (papa, pimiento, tomate riñón), las plantas provenientes de semillas sanas produjeron un mayor número de frutos normales, con pesos totales superiores y tamaños más uniformes. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Guamán (2019), quienes señalan que la infección por *Candidatus Liberibacter solanacearum* no solo afecta el crecimiento vegetativo, sino también la fase reproductiva y la calidad comercial del producto. Por el contrario, en las plantas provenientes de semillas infectadas se observó un menor número de frutos, presencia de deformidades y una reducción notable en el peso total y tamaño promedio, lo cual compromete la rentabilidad del cultivo. Según Cifuentes (2017) la interferencia del patógeno con el transporte de foto asimilados y hormonas afecta directamente la formación, cuajado y desarrollo del fruto. En consecuencia, estos resultados respaldan la hipótesis de que la enfermedad de punta morada puede transmitirse por semilla y manifestarse con impacto agronómico durante todo el ciclo fenológico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se concluye que existe una correlación significativa entre el origen fitosanitario de las semillas y la aparición de síntomas asociados a la enfermedad de punta morada en las especies evaluadas. Las plantas provenientes de semillas enfermas manifestaron mayor severidad sintomática desde las primeras etapas del desarrollo, destacándose el 100% de incidencia de síntomas en pimiento y ají, el 46,67% en tomate riñón y el 33,33% en papa, mientras que la totalidad de las plantas originadas de semillas sanas permanecieron libres de sintomatología. Los principales signos identificados incluyeron enanismo, enrollamiento foliar, pigmentación morada y deformación estructural del follaje, lo cual afectó directamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, reduciendo su altura, número de hojas, floración y producción de frutos en comparación con las plantas sanas.

Se observó que los cultivos provenientes de semillas enfermas presentaron una sintomatología más intensa y temprana, siendo más evidente en ají y papa. La altura de las plantas, número de hojas, aparición de flores y frutos se vieron comprometidos por la condición sanitaria del material vegetal. Este resultado permite confirmar que la expresión de los síntomas guarda estrecha relación con la condición inicial de las semillas, por lo que constituye un criterio útil para el diagnóstico temprano en campo.

La severidad de los daños varió entre las especies estudiadas, siendo el ají el cultivo más afectado, seguido por el pimiento, el tomate riñón y la papa. Las plantas provenientes de semillas infectadas alcanzaron menores valores en altura, número de hojas y producción de frutos, lo que evidencia un impacto agronómico y productivo considerable. La diferencia entre grupos sugiere que la semilla, como portadora potencial del patógeno, puede influir negativamente en el rendimiento, aun en ausencia del insecto vector.

El presente trabajo logró establecer una base empírica importante sobre la posible participación de las semillas en la transmisión de punta morada. Sin embargo, una limitación importante fue la ausencia de pruebas moleculares (PCR) para confirmar la presencia del fitoplasma en el material vegetal. Asimismo, el estudio se desarrolló bajo condiciones controladas de invernadero, por lo que los resultados deben interpretarse con cautela al extrapolarse a condiciones de campo abierto.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda desarrollar estudios con apoyo molecular (PCR) que confirmen la presencia del fitoplasma en semillas infectadas. Esta validación científica permitirá diseñar normas técnicas de control fitosanitario para la producción y comercialización de semillas. Además, se debe establecer una normativa nacional que limite el uso de semillas no certificadas. Esta acción fortalecerá la bioseguridad en zonas agrícolas vulnerables.

Se sugiere incluir protocolos de monitoreo temprano en viveros y etapas iniciales de cultivo, enfocándose en síntomas foliares, morados y deformaciones estructurales. Los técnicos y agricultores deben ser capacitados para reconocer estos indicadores y evitar la diseminación en fases avanzadas. Asimismo, deben establecerse alertas fitosanitarias para responder de manera oportuna. Esto reducirá el uso innecesario de agroquímicos.

Se recomienda priorizar el uso de semillas certificadas en cultivos altamente susceptibles como el ají y el pimiento. Además, se deben fomentar investigaciones por especie para determinar su tolerancia o sensibilidad al patógeno. Esta información permitirá establecer planes diferenciados de manejo. A nivel técnico, se deben ajustar las estrategias según la vulnerabilidad del cultivo en cuestión.

Se sugiere ampliar la investigación a condiciones de campo real y complementar con análisis moleculares para una validación integral. También es pertinente vincular centros de investigación y universidades con instituciones como el INIAP para garantizar rigor científico. Además, se debe gestionar financiamiento para ampliar el alcance metodológico. Esto permitirá obtener datos más aplicables y transferibles al contexto agrícola nacional.

REFERENCIAS

- MAG. (30 de noviembre de 2018). *Capacitación práctica en campo sobre el manejo integrado de la punta morada de la papa*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/capacitacion-practica-en-campo-sobre-el-manejo-integrado-de-la-punta-morada-de-la-papa/#:~:text=Es%20un%20insecto%20chupador%20exclusivo,al%20tub%C3%A9rculo%E2%80%9D%2C%20explic%C3%B3%20Lastres>
- Alcantara, J. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Aldás, A. (2019). *Presión de selección ambiental y diferencial de rendimiento de catorce cultivos alimenticios del Ecuador*. Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/631b9ad5-8cfe-42c3-81ef-c6bb7041c778/content>
- Braga, L., Kohls, I., & Almeida, A. (2016). Calidad fisiológica de semillas y variabilidad entre plantas en una población de arroz. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 11(3), 28-32. doi: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i3.4254>
- Buñay, C. (2017). *Etapas fenológicas del cultivo del pimiento (Capsicum annum. L) VAR. Verde, bajo las condiciones climáticas del cantón general Antonio Elizalde (Bucay) provincia del Guayas*. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b4fcfa01-20c7-4fd7-be1b-7d82054f840a/content>
- Carrillo, E. (2021). Determinación de los principales rubros productivos. *Conciencia Digital*, 4(2), 150-168. Obtenido de <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/download/1632/4103/>
- Chuncho, G., & Aguirre, Z. (2019). Anatomía y morfología vegetal. *Revista de la Universidad Nacional de Loja*. Obtenido de

<https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ANATOMI%CC%81A%20Y%20MORFOLOGI%CC%81A%20VEGETAL.pdf>

Cifuentes, E. (2017). Fenología y tiempo en el manejo del riego y fertilización del cultivo de papa. *Biotecnia*, 17(3), 42-48. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971117007.pdf>

Cuenca, J. (2021). *Evaluación de dos elicitores sintpéticos y dos microorganismos para el maenjo agroecológico de punta morada de la papa (pmp), variedad superchola*.

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16399/1/13T00964.pdf>

Deiss, F. (2024). Tratamiento de semillas: uso del control biológico en MIP para una agricultura sostenible. *bioprotección de CABI*. Obtenido de

<https://bioprotectionportal.com/es/resources/biological-seed-treatment-in-ipm/>

Delgado, J., & Beltrán, M. (2020). Candidatus Liberibacter solanacearum patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 22. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.177>

Delgado, J., & Ortiz, J. (2020). Candidatus Liberibacter solanacearum patógenovascular de solanáceas: Diagnóstico y control. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*. Obtenido de

<https://tip.zaragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/177/228>

Espinoza. (2020). *Evaluación de tres estrategias de manejo de Punta Morada de la Papa en dos categorías de semilla en Tumbaco Pichincha*. Universidad Central del Ecuador.

Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/40d40f02-25f8-47e4-accb-e63f11061b05/content>

Farah, S., & Bajaña, M. (2025). Evaluación de la incidencia de insectos plaga en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el cantón Nobol en la provincia del Guayas, Ecuador.

Revista Tecnológica ESPOL. doi:<https://doi.org/10.37815/rte.v37n1.1305>

Garcés, J. (2023). *Conocimiento, manejo y uso de agrobiodiversidad en tres provincias de la sierra ecuatoriana como aporte a la adaptación al cambio climático*. Universidad Andina Simón Bolívar. Obtenido de

<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9381/1/T4122-MDSCC-Garces-Conocimiento.pdf>

Guamán, A. (2019). *Evaluación bajo invernadero de fuentes de fertilización química y orgánica en tomate riñón (Solanum lycopersicum Mill.), en Salcedo*. Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f2cf202e-7feb-40bf-bec3-6657f5eada9f/content>

Gutiérrez, C. (2018). Fitoplasmas: síntomas y características moleculares. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2), 81-87. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/629/62914202.pdf>

Hernández, A., & Ochoa, D. (2025). Los virus que enferman a nuestros cultivos. *Posgrado en Fitosanidad*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10304676.pdf>

INIAP. (2018). Guía de manejo de la punta morada de la papa. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/93e35833-e896-4b41-80f7-0311edb6c9d2/content>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2018). *INIAP*. Obtenido de Información de los cultivos andinos: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiE17-Pm8WQAxW8TjABHX-tH70QFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.iniap.gob.ec%2F&usg=AOvVaw36TKwouA546hruZUwKjAp4&opi=89978449>

Landazuri, G. (2022). *Manejo agroecológico en Solanaceae*. Universidad Agraria de Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUIDO%20LANZADURI%20-%20PDF.pdf>

Martinez, M. (2017). La familia Solanaceae. *Botanical Sciences*, 95(1), 131-145. doi:<https://doi.org/10.17129/botsci.658>.

Melgoza, C., León, C., López, J., & Hernández, L. (2018). Presencia de Candidatus *Liberibacter solanacearum* en *Bactericera cockerelli* Sulc asociada con enfermedades

en tomate, chile y papa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(3).
doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.267>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (30 de noviembre de 2018). *Capacitación práctica en campo sobre el manejo integrado de la punta morada de la papa*.
Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/capacitacion-practica-en-campo-sobre-el-manejo-integrado-de-la-punta-morada-de-la-papa/#:~:text=Es%20un%20insecto%20chupador%20exclusivo,al%20tub%C3%A9rculo%E2%80%9D%2C%20explic%C3%B3%20Lastres>

Monge, J. (2022). Producción de pimiento (*Capsicum annuum*): comparación entre tipos de pimiento. *Revista de investigaciones*, 18(1), 100-107. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/362163917_Produccion_de_pimiento_Capsicum_annuum_comparacion_entre_tipos_de_pimiento

Navarrate, R. (2021). Agroecología e investigación participativa: Experiencias en los Andes. *Revista de agroecología*, 37(1). Obtenido de Revista de agroecología: <https://leisa-al.org/web/revista/volumen-37-numero-01/punta-morada-de-la-papa-como-se-puede-manejar-esta-enfermedad-en-el-ecuador/>

Navarrete, I. (2021). Punta morada de la papa: ¿cómo se puede manejar esta “enfermedad” en el Ecuador? *Revista Leisa*, 37(1). Obtenido de <https://leisa-al.info/index.php/journal/article/view/61>

Navarrete, R., Aranda, S., Rodríguez, M., Moya, S., & González, M. (2024). Bacterias Fitopatógenas en Semillas: Su Detección y Regulación. *Revista mexicana de fitopatología*, 32(2). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200075

Ochoa, G. (2022). Germinación y sobrevivencia de especies arbóreas que crecen en suelos contaminados. *Teoría y Praxis*(12), 102-119. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4561/456145106006.pdf>

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2020). *El psílido de la papa y tomate bactericera (=paratrioza) cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico: la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo*

- integrado de plagas en las región del OIRSA*. Obtenido de <https://www.oirsa.org/contenido/Manual%20Bactericera%20Cockerelli%20version%201.3.pdf>
- Ormeño, S. (2023). Introducción sintética a las enfermedades de las plantas. Obtenido de <https://oa.upm.es/75936/1/EnfPlantasOrmeno.pdf>
- Parga, V., & Zamora, V. (2021). Evaluación, Selección y Caracterización de Genotipos de Papa Tolerantes al Síndrome de Punta Morada. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 29(1), 15-24. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221490002.pdf>
- Patiño, A., & Jaimez, R. (2016). Relación fuente-fuerza de la demanda en el aborto de estructuras reproductivas, tasa fotosintética y rendimiento en *Capsicum annum*. *Agrociencia*, 50(5). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000500649
- Pérez, F. (2020). Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipo nativos del tomate. *Revista Fitotec*, 43(1), 89 - 99. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v43n1/0187-7380-rfm-43-01-89.pdf>
- Proaño, J. (2007). “*Respuesta de Cuatro Variedades de Arveja (Pisum sativum L.) A la Fertilización Orgánica y Química en la Granja la Pradera*”. Chaltura-Ecuador.: Tesis de Grado previo la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte.
- Quevedo, M. (2020). Caracterización fenotípica de tres cultivares de ají dulce. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 729-741. Obtenido de https://www.mag.go.cr/rev_meso/v31n03_729.pdf
- Rodríguez, F. (2017). Generalidades acerca de las técnicas de investigación cuantitativa. *Sistema Institucional de investigación de Unitex*, 2(1), 9-39. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4942053.pdf>
- Rubio, O., & Almeyda, I. (2016). Dsitribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc en las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura Técnica en*

México, 32(2), 201-211. Obtenido de
<https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n2/v32n2a8.pdf>

Solano, L., & Tapia, J. (2024). Evaluación de algunos atributos de la calidad física y fisiológica de semillas de maíz dulce (*Zea mays sacharata*) bajo diferentes condiciones de almacenamiento y época de cosecha. *Revista de avance en ingeniería*, 16(2). doi:<https://doi.org/10.18272/aci.v16i2.3295>

Terry, E., & Cedeño, L. (2023). Producción y certificación local de semillas, una buena práctica en la provincia Mayabeque. *Revista Inca*, 44(1). Obtenido de
<https://www.redalyc.org/journal/1932/193279160008/193279160008.pdf>

Vega, M. (2022). *Evaluación de la estrategia tecnológica para el control de la enfermedad de punta morda en variedad de papa*. Universidd Técnica de Cotopaxi. Obtenido de
<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/473736f0-6b5c-4b84-bea1-e42edc9741f5/content>

Velasquez, J. (2016). *II Congreso Ecuatoriano de la papa*.
doi:<https://repositorio.iniap.gob.ec/items/cc34af42-c52c-43d0-a0b4-9fd6adb91699>

Viera, W., & Viteri, P. (2021). Guía para el conocimiento de la punta morada en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) y alternativas para un manejo integrado. *Boletín divulgativo No 449*, 1-23. Obtenido de
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5762/1/Gu%C3%ADa%20de%20punta%20morada%20de%20tom%C3%A1te%20de%20%C3%A1rbol.pdf>