

# 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  
NARANJILLA (*Solanum quitoense*), TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*) Y  
UVILLA (*Physalis peruviana*) BAJO INVERNADERO EN CARCHI**

**Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario**

**AUTORA:**

Sherlay Mishel Hernández Arévalo

**DIRECTORA:**

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

**Ibarra, 2026**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE  
NARANJILLA (*Solanum quitoense*), TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*) Y  
UVILLA (*Physalis peruviana*) 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:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

APROBADO:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

**DIRECTORA**

---

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			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401996863		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Hernández Arévalo Sherlay Mishel		
<b>DIRECCIÓN:</b>	San Gabriel – Montúfar – Carchi		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:smhernandez@utn.edu.ec">smhernandez@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	N/A	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0967203943
DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO:</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE NARANJILLA (<i>Solanum quitoense</i>), TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum</i>) Y UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) BAJO INVERNADERO EN CARCHI</b>		
<b>AUTOR:</b>	Hernández Arévalo Sherlay Mishel		
<b>FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA</b>	05/01/2026		
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Agropecuaria		
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.		

**2. CONSTANCIAS**

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, 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:**

.....  
Sherlay Mishel Hernández Arévalo

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Sherlay Mishel Hernández Arévalo, 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 del 2026

**Sherlay Mishel Hernández Arévalo:** “EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE NARANJILLA (*Solanum quitoense*), TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*) Y UVILLA (*Physalis peruviana*) BAJO INVERNADERO EN CARCHI” / Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 05 días del mes de enero del 2026, 75 páginas.

**DIRECTOR (A):** Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la transmisión de punta morada en plantas de naranjilla (*Solanum quitoense*), tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y uvilla (*Physalis peruviana*) bajo invernadero en Carchi. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Analizar la sintomatología de punta morada en los tres cultivos en estudio bajo condiciones de invernadero durante la etapa de vivero y etapa vegetativa.
- Determinar la severidad de daño en las plantas de naranjilla, tomate de árbol y uvilla.

.....  
Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

**Directora de Trabajo de Grado**

.....  
Sherlay Mishel Hernández Arévalo

**Autora**

V

## **AGRADECIMIENTO**

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y al Centro Internacional de la Papa (CIP) en especial a las ingenieras Carmen Castillo y Nancy Panchi representantes de las instituciones respectivamente, por la provisión de semillas, la inducción al tema de investigación, el recorrido por sus instalaciones y la orientación brindada para el manejo del experimento.

Así mismo, de manera muy especial a mi directora de tesis, PhD. Julia Prado por su guía constante, valiosos aportes académicos y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. También, al MSc. Jefferson Andrade asesor de tesis por su disposición y compromiso con el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a la PhD. Magali Cañarejo por su orientación en la redacción de este documento, cuyas sugerencias fueron fundamentales para mejorar la claridad y coherencia del trabajo.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, Aníbal y Cecilia cuyo apoyo y amor constante han sido fundamentales en mi formación de vida. Su presencia ha significado un respaldo inquebrantable, brindándome palabras de aliento, guía y confianza en cada etapa de este camino. Siempre serán mi razón para seguir avanzando, con el deseo de que estén orgullosos de su niña.

A Fabito quien ha sido como una segunda madre, acompañándome con apoyo, orientación y un afecto que siempre he sentido cercano. Agradezco su dedicación, generosidad y la forma en que, sin esperar nada a cambio, ha contribuido en el desarrollo de este trabajo. Estaré siempre en deuda con usted por el cuidado que nos brindó, tanto a mí como a mis plantas, cada día.

A mis hermanos, Santiago y Melany que me ayudaron de inicio a fin. Su confianza en mis locas ideas ha permitido que cumpla varios sueños, de los que están orgullosos. Así que, como muchos otros logros, este también les pertenece. Gracias por llenar mi vida de felicidad y sobre todo por ser mis cómplices incondicionales.

A mis tíos Paty y Ernesto, que me ayudaron en este trabajo y siempre me han demostrado su cariño considerándome incluso un ejemplo para Romina y Samir. Mis dos pequeños que han sido un regalo constante en mi vida con su amor único y desinteresado, lo valoraré profundamente.

A mi primo Lenin (Pachito), mis tías Franci y Zaira, que en su momento sus palabras y cariño se convirtieron en un impulso que nunca olvidaré, pues fueron la motivación para iniciar la carrera que ahora llego a culminar con mucho orgullo.

A mis amigos, porque, aunque la universidad tuvo días duros y momentos que parecían interminables, ustedes lograron transformar cada uno de ellos en anécdotas que hoy recuerdo con una sonrisa. Entre todo lo que me dio la universidad, ustedes fueron sin duda lo mejor.

Mi gratitud para ustedes familia y amigos que confiaron en mí, por ser parte de mi vida y de este logro; su apoyo y cariño han sido el mayor regalo en este camino.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema de investigación .....	3
1.3 Justificación .....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 Hipótesis .....	5
1.5.1 Hipótesis Alternativa (Ha) .....	5
1.5.2 Hipótesis Nula (Ho) .....	5
CAPITULO 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 Naranjilla.....	7
2.1.4 Tomate de árbol .....	8
2.1.5 Uvilla.....	9
2.2 Enfermedad de Punta Morada en solanáceas.....	10
2.2.1 Agente causal.....	11
2.2.2 Insecto vector.....	11
2.2.3 Transmisión.....	12
2.2.4 Detección .....	13
2.2.5 Síntomas.....	13
2.3 Transmisión de enfermedades a través de semillas .....	15
2.4 Manejo de semillas .....	15
2.4.1 Calor seco.....	15
2.4.2 Agua caliente .....	16

2.4.3 Productos químicos.....	16
2.4.4 Semilla certificada .....	16
2.5 Marco Legal.....	16
CAPITULO III.....	18
MARCO METODOLÓGICO.....	18
3.1 Caracterización del área de estudio.....	18
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas .....	19
3.3 Métodos.....	20
3.3.1 Factor en estudio .....	20
3.3.2 Tratamientos .....	20
3.3.3 Diseño experimental .....	21
3.3.4 Características del experimento .....	22
3.3.5 Análisis estadístico.....	23
3.4 Variables .....	23
3.4.1 Porcentaje de germinación.....	23
3.4.2 Índice de mortalidad .....	24
3.4.3 Cambios físicos de las plantas .....	25
3.4.4 Número de plantas sanas y enfermas .....	25
3.4.5 Sintomatología de Punta Morada.....	26
3.4.6 Días de aparición de síntomas.....	26
3.4.7 Número de frutos .....	27
3.5 Manejo específico del experimento .....	28
3.5.1 Adquisición de semillas .....	28
3.5.2 Adecuamiento de invernadero .....	28
3.5.3 Germinación.....	29
3.5.4 Elaboración de cajas de cría para entomología.....	29
3.5.5 Preparación de sustrato para fundas de vivero.....	30
3.5.6 Trasplante.....	30
3.5.7 Implementación de diseño experimental .....	31
3.5.8 Labores culturales .....	31
CAPÍTULO IV.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.1 Porcentaje de germinación.....	32

4.2 Índice de mortalidad de plántulas .....	33
4.3 Temperaturas presentes durante el experimento.....	34
4.4 Cambios físicos durante el desarrollo de las plantas después del trasplante .....	34
4.4.1 Altura (cm).....	35
4.4.2 Número de hojas .....	39
4.4.3 Número de flores en plantas de uvilla.....	43
4.5 Número de plantas sanas y enfermas en los cultivos evaluados.....	44
4.6. Sintomatología de Punta Morada.....	46
4.7 Días de aparición de síntomas.....	48
4.8 Número de frutos de uvilla .....	49
CAPÍTULO V .....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Fenología del cultivo de naranjilla .....	8
<b>Figura 2</b> Fenología del cultivo de tomate de árbol .....	9
<b>Figura 3</b> Fenología del cultivo de uvilla .....	10
<b>Figura 4</b> Ciclo de vida resumido de <i>Bactericera cockerelli</i> .....	12
<b>Figura 5</b> Adulto del psílido de la papa ( <i>Bactericera cockerelli</i> ) .....	12
<b>Figura 6</b> Sintomatología de Punta Morada en plantas de tomate de árbol .....	15
<b>Figura 7</b> <i>Ubicación geográfica del lugar en estudio</i> .....	18
<b>Figura 8</b> Diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas .....	21
<b>Figura 9</b> Delimitación de parcela principal, subparcela y unidad experimental del diseño usado en la investigación .....	22
<b>Figura 10</b> Germinación de semillas originarias de plantas de <i>S. betaceum</i> con presencia de síntomas de Punta Morada .....	24
<b>Figura 11</b> Semillas que brotaron y aquellas que no, provenientes de madres de <i>P. peruviana</i> y <i>S. quitoense</i> que presentaron la enfermedad .....	24
<b>Figura 12</b> Cambios físicos en plantas de <i>S. betaceum</i> provenientes de semillas de origen enfermo .....	25
<b>Figura 13</b> Plantas de <i>S. quitoense</i> de semillas de origen sano y origen enfermo .....	26
<b>Figura 14</b> Plantas de <i>P. peruviana</i> de semillas de origen enfermo con tallos en zigzag .....	26
<b>Figura 15</b> Evaluación de síntomas de punta morada en plantas de tomate de árbol provenientes de semillas de origen enfermo .....	27
<b>Figura 16</b> Frutos de uvilla de plantas de semillas de origen sano .....	27
<b>Figura 17</b> Semillas de tomate de árbol facilitadas por INIAP .....	28
<b>Figura 18</b> Proceso de adecuación de invernadero .....	28
<b>Figura 19</b> Germinación de semillas de las especies en estudio .....	29
<b>Figura 20</b> Esqueleto de cajas de cría para entomología .....	29
<b>Figura 21</b> Mezcla de gallinaza, pómez y tierra cernida .....	30
<b>Figura 22</b> Tamaño ideal de la planta para el trasplante .....	30
<b>Figura 23</b> Diseño experimental aplicado en el invernadero .....	31
<b>Figura 24</b> Manejo cultural y control fitosanitario de las plantas .....	31
<b>Figura 25</b> Variación de la temperatura a lo largo del desarrollo de las plantas .....	34
<b>Figura 26</b> <i>Altura de plantas de naranjilla según el origen y días después del trasplante (ddt)</i> .....	35
<b>Figura 27</b> <i>Altura promedio de plantas de tomate de árbol según origen y ddt</i> .....	37
<b>Figura 28</b> <i>Altura de plantas de uvilla según origen y ddt</i> .....	38
<b>Figura 29</b> <i>Número de hojas en plantas de naranjilla según su origen y ddt</i> .....	40
<b>Figura 30</b> <i>Número de hojas en plantas de tomate de árbol según el origen y ddt</i> .....	41
<b>Figura 31</b> <i>Número de hojas en plantas de uvilla según el origen y ddt</i> .....	42
<b>Figura 32</b> <i>Número de flores en plantas de uvilla según el origen y ddt</i> .....	44
<b>Figura 33</b> <i>Plantas de tomate de árbol con respecto al origen de las semillas</i> .....	45
<b>Figura 34</b> <i>Síntomas presentes en plantas de <i>P. peruviana</i> originarias de semillas enfermas</i> ..	47
<b>Figura 35</b> <i>Coloración amarilla o morada en hojas de <i>S. betaceum</i> de semillas enfermas</i> .....	47
<b>Figura 36</b> <i>Número de frutos de uvilla por planta</i> .....	49

<b>Figura 37</b> Comparación del número de flores, frutos formados y frutos cosechados por planta de uvilla.....	50
<b>Figura 38</b> Frutos de uvilla de semillas de origen sano (izquierda) y frutos de uvilla se semillas de origen enfermo (derecha).....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación taxonómica de las especies agrícolas naranjilla, tomate de árbol y uvilla .....	7
<b>Tabla 2</b> Ubicación geográfica y condiciones climáticas de la zona en estudio .....	19
<b>Tabla 3</b> Materiales y equipos utilizados en la fase de campo de la investigación .....	19
<b>Tabla 4</b> Descripción y códigos de los tratamientos evaluados durante la investigación .....	21
<b>Tabla 5</b> Características del experimento de transmisión de punta morada .....	22
<b>Tabla 6</b> Características de la unidad experimental en la investigación.....	22
<b>Tabla 7</b> Análisis de varianza (ADEVA) .....	23
<b>Tabla 8</b> Porcentaje de germinación y mortalidad de semillas según el origen y la especie....	32
<b>Tabla 9</b> Análisis de varianza para la altura de plantas de <i>S. quitoense</i> .....	35
<b>Tabla 10</b> Análisis de varianza para la altura de plantas de <i>S. betaceum</i> .....	36
<b>Tabla 11</b> Análisis de varianza para la altura de plantas de <i>P. peruviana</i> .....	38
<b>Tabla 12</b> Análisis de varianza para el número de hojas de plantas de <i>S. quitoense</i> .....	39
<b>Tabla 13</b> Análisis de varianza para el número de hojas de plantas de <i>S. betaceum</i> .....	41
<b>Tabla 14</b> Análisis de varianza para el número de hojas de plantas de <i>P. peruviana</i> .....	42
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza para el número de flores de plantas de <i>P. peruviana</i> .....	43
<b>Tabla 16</b> Porcentaje de mortalidad, plantas sanas y enfermas según origen y especie.....	45
<b>Tabla 17</b> Porcentaje de síntomas visibles de punta morada presentes en las plantas de naranjilla, tomate de árbol y uvilla originarias de semillas enfermas.....	46
<b>Tabla 18</b> Días después del trasplante en el que aparecieron los síntomas en las plantas de naranjillas, tomate de árbol y uvillas de origen enferma .....	48
<b>Tabla 19</b> Análisis de varianza para el número de frutos por planta de <i>P. peruviana</i> .....	49
<b>Tabla 20</b> Comparación de la calidad y producción de frutos de uvilla entre plantas sanas y enfermas.....	51

# EVALUACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE PUNTA MORADA EN PLANTAS DE NARANJILLA (*Solanum quitoense*), TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*) Y UVILLA (*Physalis peruviana*) BAJO INVERNADERO EN CARCHI

Autora: Sherlay Mishel Hernández Arévalo

Universidad Técnica del Norte

Correo: smhernandeza@utn.edu.ec

## RESUMEN

La enfermedad de Punta Morada ha provocado graves pérdidas económicas en cultivos de solanáceas en Ecuador, especialmente en naranjilla (*Solanum quitoense* Lam), tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) y uvilla (*Physalis peruviana* 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 tres 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 germinación, mortalidad, crecimiento, floración, fructificación y sintomatología; los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico InfoStat. 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 naranjilla de semilla sana alcanzó una altura de 48.20 cm y fue estadísticamente diferente ( $p < 0.0001$ ) con respecto a las plantas de semillas enfermas (30.72 cm), teniendo una diferencia de 17.48 cm. En uvilla, las plantas de semillas sanas produjeron 140 frutos frente a 88 en las enfermas, con mayor peso y calidad. De igual manera, los síntomas fueron más frecuentes y severos en plantas de semillas enfermas, apareciendo desde los 52 días después del trasplante. Donde tomate de árbol obtuvo el 100% de plantas enfermas seguido de uvilla (71.43%) y finalmente naranjilla (61.54%). 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 claves:** solanáceas, síntomas, fitoplasma, *Bactericera cockerelli*, patógeno.

## ABSTRACT

Morada Point disease has caused serious economic losses in solanaceous crops in Ecuador, especially in naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), and uvilla (*Physalis peruviana* L.). Therefore, the objective of this research focused on evaluating the transmission of Morada Point disease, symptoms, and damage severity in the three aforementioned species under greenhouse conditions in the Montúfar canton of Carchi. The experimental design was a randomized complete block with split plots, comparing healthy and diseased seeds in the species described above. The variables evaluated included germination, mortality, growth, flowering, fruiting, and symptoms; the data obtained were analyzed using the InfoStat statistical package. The results showed that the variables measured in plants from healthy seeds in the different species outperformed those in plants from diseased seeds. Naranjilla plants with healthy seeds reached a height of 48.20 cm and were statistically significantly different ( $p < 0.0001$ ) from plants with diseased seeds (30.72 cm), with a difference of 17.48 cm. In the case of the uvilla, plants with healthy seeds produced 140 fruits compared to 88 in the diseased ones, with greater weight and quality. Similarly, symptoms were more frequent and severe in plants with diseased seeds, appearing as early as 52 days after transplant. Tree tomato accounted for 100% of diseased plants, followed by uvilla (71.43%), and finally naranjilla (61.54%). All plants with healthy seeds remained symptom-free. This research suggests the possible transmission of Punta Morada through seeds originating from diseased plants.

**Keywords:** solanaceae, symptoms, phytoplasma, *Bactericera cockerelli*, pathogen

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La agricultura se beneficia ampliamente de la gran biodiversidad del país. Existen diferentes especies y cultivos que son de importancia económica, debido a su consumo, importación y exportación. Entre los más relevantes se encuentran aquellos pertenecientes a la familia de las solanáceas. Según León et al. (2011), en Ecuador existe un registro de 362 especies de esta familia, de las cuales 67 son endémicas, 58 a nivel de continente y 9 pertenecientes a las Galápagos. Dentro de las solanáceas de mayor importancia por su producción y consumo destacan la papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.), naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), pepino (*Solanum muricatum* Aiton), entre otras. Esta familia vegetal está distribuida en diversas regiones y hábitats del país, con una notable concentración en la región andina.

A pesar de la importancia de las solanáceas, su producción ha permitido el ingreso de plagas y enfermedades. Donde la enfermedad Punta Morada se destaca por ser una de las más invasivas y perjudiciales, con impacto a nivel nacional y mundial. En Ecuador, los cultivos más afectados son de papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) y tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.). Así mismo, se han reportado casos en ají (*Capsicum annuum*), naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), pimienta (*Capsicum annuum* L.), uvilla (*Physalis peruviana* L.), entre otros cultivos pertenecientes a la familia de las solanáceas. Países como México, EE. UU. y Centroamérica han estimado daños de hasta el 100% a causa de la enfermedad; lo que ha impulsado la necesidad urgente de implementar medidas para mitigar esta enfermedad.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) priorizó el estudio de la enfermedad debido a los daños generados en cultivos de papa. En Ecuador, las primeras apariciones de Punta Morada se presentaron en el año 2013 en la provincia del Carchi. Desde el año 2014, se reportaron pérdidas totales en las provincias del Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, únicamente en lotes de papa (*Solanum tuberosum* L.). En respuesta, investigadores de INIAP en la Estación Experimental Santa Catalina, iniciaron trabajos enfocados en la identificación del agente causal y su vector. En el 2015, *Candidatus* Phytoplasma aurentifolia del grupo 16SrII fue identificado como el primer agente causal de la enfermedad (Caicedo et

al., 2015). Posteriormente, Castillo et al. (2018) registraron la presencia de *Phytoplasma asteris* del subgrupo 16SrIF como un segundo agente causal asociado a la enfermedad.

En cuanto a la sintomatología, Punta Morada se puede identificar a simple vista debido a las alteraciones visibles en las plantas. Entre los principales síntomas se encuentran el enanismo y la muerte prematura. Las hojas presentan decoloración, adquiriendo tonalidades amarillas o moradas, así como enrollamiento en la parte superior de la planta y ensanchamiento de los pecíolos. El tallo, por su parte, muestra un crecimiento reducido, con forma de zigzag y engrosamiento en los nudos. También, se observa la formación de tubérculos aéreos, por consecuente existe una reducción significativa en la producción y tamaño del tubérculo (Cuesta et al., 2018).

Además, se destaca la posible intervención de *Bactericera cockerelli* como vector de la enfermedad. La presencia del psílido de la papa (*B. cockerelli*) se reportó por primera vez en el Ecuador y América del Sur en el año 2018. A pesar de no ser confirmado su rol como transmisor de fitoplasmas, se conoce que está relacionado con la aparición de síntomas en las plantas (Castillo, 2019). En la actualidad, *Bactericera cockerelli* es considerada como la principal plaga en cultivos solanáceos en los países donde está presente. Este insecto actúa extrayendo la sabia del floema, provocando amarillamiento, debilitamiento y en muchos casos la muerte de la planta. Su capacidad de propagación se debe a la transmisión del patógeno *Candidatus Liberibacter solanacearum*, considerado uno de los más letales para las solanáceas.

También, la transmisión de Punta Morada puede estar vinculada al uso de semillas enfermas. Estudios realizados por Hernández et al. (2018) en cultivos de papa demuestran que la semilla o tubérculo es una fuente importante de inóculo de las enfermedades de punta morada y cebra chip. De tal manera, existe una fuerte discusión sobre la transmisión o inicio de las enfermedades a partir de semillas enfermas, debido a que el vector también se encarga de propagar la enfermedad. No obstante, el estudio demuestra que las plantas sembradas con semilla enferma presentan en su etapa inicial la sintomatología de la enfermedad. De igual forma, la influencia del insecto vector en la epidemiología de un cultivo va a depender de su distancia con la planta enferma, donde a mayor distancia menor es la incidencia de infección.

De manera complementaria, agente causal, vector y semilla están ligados en la aparición de Punta Morada. Un estudio reveló que la tasa de transmisión de Punta Morada a través de semillas supera el 50%, dando lugar a plantas hijas infectadas (Crosslin et al., 2011). Por un lado, las plantas infectadas que crecieron bajo invernadero presentaron síntomas como

debilitamiento y atrofia, diferentes a los observados en las plantas madre. Por otro lado, las plantas expuestas a campo abierto presentaron síntomas comunes de la enfermedad. Lo que sugiere que, en estos casos, el vector pudo haber sido la principal fuente de infección. Por consiguiente, se recomienda evitar la mezcla de plantas sanas con plantas enfermas y asegurar el uso de semillas libres de patógenos para prevenir daños significativos en los cultivos.

## **1.2 Problema de investigación**

En Ecuador, Punta Morada ataca directamente a cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.); generando pérdidas de hasta el 100% en el rendimiento de áreas productivas. La enfermedad es causada por dos grupos de fitoplasmas: *Candidatus* Phytoplasma aurantifolia y *Candidatus* Phytoplasma atteris, los que se localizan en el floema de la planta o en la hemolinfa del insecto vector. Estos patógenos poseen la capacidad de moverse lentamente a través de los poros de las células cribosas, colonizando el floema e impidiendo su paso a toda la planta. Como consecuencia, se ve afectado el transporte interno, lo que altera procesos fisiológicos clave como la fotosíntesis, el equilibrio hormonal y la acumulación de sustancias de reserva (Camarena y De la Torre, 2008). Adicionalmente, la activación de la biosíntesis de antocianinas como mecanismo de defensa ante la infección provoca la aparición del característico color morado en las hojas de las plantas enfermas. Todo ello deriva en pérdidas a gran escala y en una disminución significativa de la calidad de las semillas.

Por otra parte, las semillas infectadas representan una fuente importante de inóculo para la propagación de la enfermedad. Así mismo, la comercialización de semillas sin certificación genera la diseminación de Punta Morada en el territorio, incrementando la vulnerabilidad de otros cultivos de solanáceas. Según, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] (2021), en el Ecuador solo el 26.7% de áreas productivas usa semilla certificada, garantizando inocuidad y calidad en los cultivos. El porcentaje restante usa su propia semilla sin considerar su contaminación; pues se estima que el 90% de cultivos agrícolas pueden ser afectados por enfermedades transmitidas por semillas (Arriagada, 2000.). Además, la limitada difusión de información técnica sobre los mecanismos de transmisión ha contribuido a que la enfermedad de Punta Morada genere daños significativos en distintas provincias del país.

## **1.3 Justificación**

Los cultivos de tomate de árbol, naranjilla y uvilla son de importancia económica y alimentaria del país. Estos cultivos pueden ser producidos tanto en invernadero como a campo abierto

debido a su adaptación a diversas temperaturas. Desde 2018 se ha registrado una marcada disminución en la producción de estos cultivos, ya que Punta Morada ha afectado a la mayoría de las especies de la familia Solanaceae. Provocando considerables pérdidas económicas y ha comprometido la principal fuente de ingresos de los agricultores ecuatorianos.

Ante esta situación, INIAP ha actuado de forma inmediata para investigar la enfermedad y sus mecanismos de transmisión. Se han desarrollado estudios sobre la diseminación del fitoplasma a través del vector *Bactericera cockerelli*, así como su posible transmisión por semilla, es decir, de plantas madre a plantas hijas. Sin embargo, aún no se han comprobado casos en los que la transmisión ocurra al 100 % mediante tubérculos o semillas. Por ello, la evaluación de semillas botánicas enfermas resulta crucial para determinar si pueden ser reutilizadas o, por el contrario, deben ser descartadas, con el fin de evitar la expansión del patógeno y prevenir futuros brotes (Delgado et al., 2019).

También, el uso de semillas botánicas reviste una gran importancia social. En el país es común el intercambio informal de semillas entre agricultores, familiares y comunidades, muchas veces sin tener en cuenta la presencia de posibles enfermedades. Por lo tanto, determinar si las semillas infectadas son una fuente real de propagación de la enfermedad permitirá concienciar a los productores y fomentar una nueva cultura agrícola orientada a preservar la inocuidad del material vegetal. En consecuencia, se evaluará semillas enfermas para comprobar si actúan como fuente de transmisión de Punta Morada.

## **1.4 Objetivos**

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

Evaluar la transmisión de punta morada en plantas de naranjilla (*Solanum quitoense*), tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y uvilla (*Physalis peruviana*) bajo invernadero en Carchi.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Analizar la sintomatología de punta morada en los tres cultivos en estudio bajo condiciones de invernadero durante la etapa de vivero y etapa vegetativa.
- Determinar la severidad de daño en las plantas de naranjilla, tomate de árbol y uvilla.

## **1.5 Hipótesis**

### ***1.5.1 Hipótesis Alternativa (Ha)***

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

### ***1.5.2 Hipótesis Nula (Ho)***

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

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Generalidades de los cultivos

##### 2.1.1 *Solanáceas*

Las solanáceas son una familia de plantas arbustivas o herbáceas con gran importancia. Solanaceae es un grupo grande con alrededor de 96 géneros que se dividen en un aproximado de 2297 especies. Muchas de las especies son domesticadas y se distribuyen por todo el mundo, encontrándose la mayoría de especies en Centroamérica y América del Sur. En esta familia se encuentran especies de importancia alimentaria como son la papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), pimiento (*Capsicum annuum*). Además, de plantas nocivas y de ornato como el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y la petunia (*Petunia x hybrida*) respectivamente. Generalmente, no hay un carácter específico para la familia de las solanáceas, sin embargo, la flor es una característica que ayuda en la identificación de la familia, la cual tiene colores blancos, rosados, amarillos y morados que dependen de la especie (Long, 2001).

En la actualidad, la importancia de las solanáceas comprende un variado ámbito. Se ha demostrado que algunas de las solanáceas por sus propiedades antimicrobianas pueden ser usadas para la elaboración de fármacos, por lo que son de gran interés científico radicando su importancia en la investigación. Sin embargo, la principal importancia de la familia es su uso como fuente de alimento (Torres et al., 2013), siendo especies que cumplen papeles fundamentales en la dieta de las personas y que pueden ser usados en diversas formas, tal es el caso de los frutales como tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) y uvilla (*Physalis peruviana* L.).

##### 2.1.2 *Taxonomía*

La taxonomía es considerada una ciencia que se basa en la clasificación. Se refiere a la sistematización, jerarquización y/o clasificación de los organismos en grupos o categorías; partiendo de lo global a lo específico. Las agrupaciones se basan en sus relaciones de parentesco, es decir características entre especies. La clasificación taxonómica tiene como objetivo desarrollar ordenar organismos de acuerdo a su afinidad natural (Montoya, 2016). La Tabla 1 presenta la taxonomía de las especies solanáceas en estudio.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de las especies agrícolas naranjilla, tomate de árbol y uvilla*

Clasificación	Naranjilla	Tomate de árbol	Uvilla
<b>Reino</b>	Plantae	Plantae	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida	Magnoliopsida	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Solanales	Solanales	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae	Solanaceae	Solanaceae
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>	<i>Solanum</i>	<i>Physalis</i>
<b>Especie</b>	<i>quitoense</i>	<i>betaceum</i>	<i>peruviana</i>

Fuente: Narváez, 2003; León et al., 2004; Revelo et al., 2010; Cuevas Reyes, 2018.

### 2.1.3 Naranjilla

La *Solanum quitoense* Lam. es una planta arbustiva solanácea procedente de zonas subtropicales de los Andes del Ecuador. Se cultiva en Colombia, Perú, Panamá y Costa Rica a 800 y 1400 m.s.n.m. La planta tiene tallos gruesos y semi – leñosos que pueden ser con o sin espinas, las que proyectan hojas alargadas de forma ovalada, con un largo de 30 a 45cm. Pueden llegar a tener una altura oscilante de 1,30 a 2,00m dependiendo de la variedad y la calidad del suelo (Revelo et al., 2010). Su fruto de colores que varían desde el amarillo intenso hasta el naranja característico de madurez es considerado como exótico y utilizado para varios usos en el país (Valverde et al., 2010).

Ecuador, registra algunas variedades de naranjilla. Entre las más cultivadas en el país se encuentra la naranjilla común (*Solanum quitoense* Lam.) y los híbridos Puyo e INIAP Palora (*Solanum sessiliflorum x Solanum quitoense*).

**2.1.3.1 Fenología.** La fenología estudia los fenómenos o cambios que presenta los seres vivos durante los años. En los vegetales, se observa la aparición y desaparición de órganos fundamentales como hojas, flores, frutos, etc. Además, los cambios presentes en el ciclo de la planta dependerán en directamente de elementos climáticos como temperatura, radicación, precipitaciones, etc. (Martínez, 2017). Según Ante (2009), el cultivo de naranjilla cumple su primer ciclo entre los 300 a 540 días; lo que penderá de las condiciones a las que esté expuesto el cultivo y su variedad. La Figura 1 presenta las etapas fenológicas de la naranjilla.

**Figura 1**

Fenología del cultivo de naranjilla



**2.1.3.2 Característica de la semilla.** La semilla de naranjilla es cotiledónea con un diámetro de 2 a 3mm aproximadamente. Tienen una estructura lisa y redondeada de color blanquecino cremoso. Por cada fruto pueden existir alrededor de 800 a 1200 semillas, las que en estado seco podrían llegar a pesar un aproximado de 3g. Además, la temperatura óptima para la germinación es de 21°C a 26°C con un porcentaje de germinación de 50 a 60% (Revelo et al., 2010).

#### **2.1.4 Tomate de árbol**

*Solanum betaceum* Cav. es una especie solanácea nativa de los Andes. Tiene como centro de origen al continente Sudamericano, extendiéndose por Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Chile, Bolivia y el noroeste de Argentina; creciendo en zonas desde el nivel del mar hasta los 1100 a 2300 m.s.n.m. De igual forma, presenta gran adaptabilidad a climas calientes hasta muy fríos, oscilando en temperaturas de 14 a 20°C. La planta es arbustiva de tallos semi – leñosos, presenta forma erecta y ramificada que puede llegar a una altura de 1,5 a 2,0m. Su fruto presenta una forma ovoide – apiculada de color verde cuando está inmadura, tomando tonalidades de color naranja, rojo y morada en estado maduro, donde tiene un sabor característico semi – ácido (Buono et al., 2018).

El cultivo se caracteriza por presentar heterogeneidad en la forma y tamaño de los frutos. En Ecuador, se producen 3 variedades reconocidas de tomate de árbol, siendo:

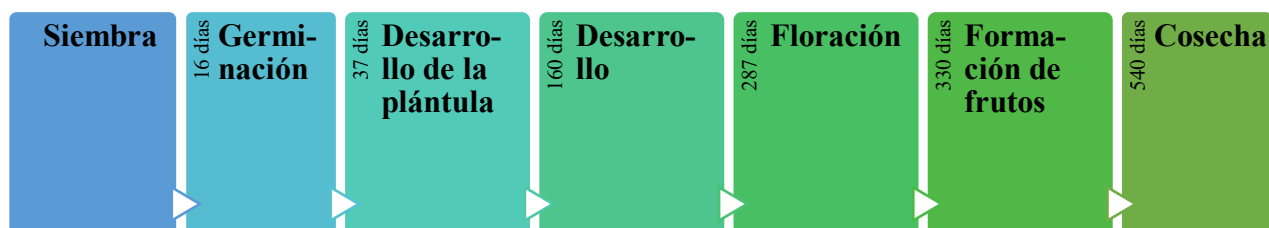
- Tomate común
- Tomate redondo
- Tomate mora

Además, el sabor y tamaño del fruto va a depender de la variedad. Sin embargo, estas características comercialmente no se las diferencia bien. Por lo que las variedades de pulpa morada y amarilla suelen confundirse, y los consumidores las identifican sobre todo por la forma del fruto que por su verdadera característica (Zambrano, 2011).

**2.1.4.1 Fenología.** Según Castro (2014), cumple su primer ciclo a los 540 días. La Figura 2 detalla el ciclo y las fechas estimadas de su desarrollo.

**Figura 2**

*Fenología del cultivo de tomate de árbol*



**2.1.4.2 Característica de la semilla.** Las semillas de tomate de árbol se encuentran inmersas en el mucílago gelatinoso del fruto. Presentan un diámetro de 2 a 4mm. Tienen forma aplanada lenticular con un color blanco al estar tiernas y en su madurez llegan a cubrirse de pigmentos anaranjados, rojizos o morados intensos. El número de semillas por fruto oscila entre 200 a 300 unidades (León et al., 2004).

### 2.1.5 Uvilla

*Phylais peruviana* L. es una especie vegetal de origen en los Andes de América del Sur. Se diversificó principalmente entre Colombia, Ecuador y Perú. Además, esta especie puede crecer como planta silvestre en zonas subtropicales entre 1000 a 3300 m.s.n.m. con temperaturas de 13 y 18°C. Es una planta perenne, arbustiva, herbácea y fuertemente ramificada que puede llegar a una altura de 1,5 a 2,0m. Su fruto debe ser consumido cuando el capuchón se haya secado y la fruta se desprenda por si sola. También, una de las desventajas de este cultivo es que es susceptible a heladas que pueden provocar pérdidas de hasta el 100% de la población. Sin embargo, tiene fácil adaptación a diversas condiciones climáticas ya sea en invernadero donde su desarrollo y crecimiento es mayor en comparación a campo abierto, sitio donde influye la luz ultravioleta y la oscilación de temperatura. (Fundación Humana, 2019).

En el país, los principales ecotipos o variedades del cultivo de uvilla son tres. Los que son:

- Colombiana o Keniana.
- Ambateña.
- Ecuatoriana.

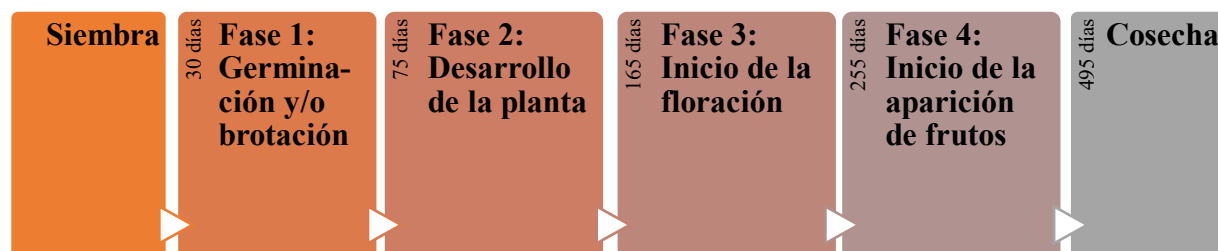
Sus rendimientos, dependen de si es cultivada dentro o fuera de invernadero. De 6000 a 12000 kg/ha son los valores en el rendimiento de uvilla a campo abierto, incrementándose bajo

invernadero con 25000 y 35000 kg/ha, promedios que están relacionados con el tipo de suelo, fertilización, riego, etc. (Brito et al., 2008).

**2.1.5.1 Fenología.** La Figura 3 muestra la fenología de la uvilla, donde el primer ciclo de producción será a partir de los 495 días (Fundación Humana, 2019).

**Figura 3**

*Fenología del cultivo de uvilla*



La fenología de las plantas de uvilla se divide en 3 etapas. La etapa vegetativa, que comprende a los estadios desde siembra hasta el desarrollo de la plántula y dura alrededor de 151 – 195 días. Seguido de la etapa reproductiva que inicia en la floración de la planta y termina en la maduración de los frutos, dura 75 días. Finalmente, termina en la etapa productiva que es la producción de frutos y cosecha con una duración de 10 – 18 meses (Fundación Humana, 2019).

**2.1.5.2 Característica de la semilla.** La germinación de semilla es muy elevada y varía de 80 a 95%. Tiene un tamaño promedio de 1.5 a 2mm de diámetro. Además, presenta colores amarillentos y café dorado (Fundación Humana, 2019). Por fruto, contiene alrededor de 100 a 300 unidades de forma lenticular (Villacís, 2014).

## **2.2 Enfermedad de Punta Morada en solanáceas**

Punta Morada (PM) es una enfermedad que ataca a cultivos de solanáceas a nivel mundial. Entre los cultivos con mayores reportes de afección están papa (*Solanum tuberosum* L.) y tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). La enfermedad se ha ido propagando en países de Centroamérica como México hasta llegar a Estados Unidos; mostrando una elevada capacidad de adaptación y distribución. En Ecuador, los primeros reportes de PM se localizaron en la provincia del Carchi en papales, en el año 2013. Siendo una enfermedad nueva tanto en territorio como en identificación, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) priorizó en el estudio de su agente causal y vector para poder emitir un control (Viera et al., 2021).

### **2.2.1 Agente causal**

En Ecuador, se reportan como agente causal de PM a los fitoplasmas *Candidatus Phytoplasma aurantifolia*. Uno perteneciente al grupo 16SrII y otro al 16SrI-F; encontrados en especie de papa (Cuesta et al., 2021). Además, en el 2020, se reportó un nuevo agente causal de PM asociado al cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Este fitoplasma es *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso), siendo de igual forma agente causal de la enfermedad Zebra Chip o papa rayada. Las especies de *Candidatus* son bacterias que no pueden ser cultivadas y están relacionadas a enfermedades que provocan alta incidencia de daños (Caicedo et al., 2020). CaLso ha sido detectado en frutales solanáceos como naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) y uvilla (*Physalis peruviana* L.), además de otras especies como el pimiento (*Capsicum annuum*).

### **2.2.2 Insecto vector**

Los patógenos responsables de la enfermedad de Punta Morada, son transmitidos por el psílido *Bactericera cockerelli*. Conocido también como pulguilla saltadora, salerillo o paratrioza e identificado en 1909 en Estados Unidos. Este insecto pertenece al orden Hemiptera y familia Triozidae y en su estadio de adulto puede llegar a medir de 2 – 3 milímetros. *B. cockerelli* se encuentra presente en América del Norte y Central, Nueva Zelanda y Austria. En Ecuador, el primer reporte del insecto fue en el 2017 en la zona norte, propagándose hacia el sur por el callejón interandino (Castillo et al., 2021).

Por otro lado, la temperatura para el desarrollo del psílido es de 21 a 27° C. Temperaturas mayores a 32°C son perjudiciales para el vector debido a que reduce la producción de huevos y la eclosión de los mismos. Además, el hospedaje de los insectos es debajo de las hojas de las plantas debido a la densidad que se presenta en los cultivos; donde coloca sus huevecillos y si existe una alta población los deja en los bordes de la hoja y en las flores del cultivo enfermo. Al ser un insecto de color verde es de difícil detección y observación (Muñiz et al., 2015).

## Figura 4

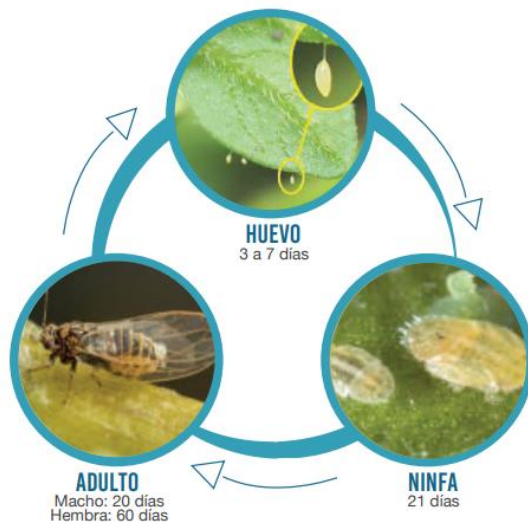
Ciclo de vida resumido de *Bactericera cockerelli*



Fuente: (Cuesta et al., 2018)

## Figura 5

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



Fuente: (Cuesta et al., 2018)

### 2.2.3 Transmisión

El fitoplasma causante de la enfermedad de Punta Morada inicia su transmisión en el floema. El floema de la planta es una de las vías más importantes de transporte de elementos indispensables para el tejido vegetal, donde, el fitoplasma al obstruir esta vía invade a raíces, hojas, tallos, etc., lo que provoca daños en la planta.

Además, el insecto vector es el responsable de la propagación de la enfermedad. El fitoplasma actúa por el intestino del insecto, invadiéndolo y acumulando el patógeno en células y tejidos. Esto lo convierte en infeccioso para toda su vida y a su vez es un transmisor del fitoplasma a todas sus progenies (Pérez et al., 2021).

#### **2.2.4 Detección**

Punta Morada ha causado problemas en cultivos de solanáceas, específicamente en cultivos de papa. La enfermedad se ha propagado En Estados Unidos, México, Ecuador, Cuba, El Salvador, Honduras, Guatemala, Arabia Saudita, China, Rusia y Nueva Zelanda.

Además, la detección de la enfermedad se la puede realizar mediante pruebas moleculares. Una de las más conocidas es la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Algunas de las pruebas desarrolladas han arrojado resultados donde plantas con sintomatología característica han salido negativas a la presencia de un fitoplasma. A su vez, la presencia de insecto vectores no indica verídicamente la presencia de los fitoplasmas.

Es importante, observar la infección de Punta Morada desde los primeros estadios fenológicos de la planta. Al ocurrir la infección en temprana edad, la planta puede presentar severas afecciones hasta llegar a la muerte. También, cuando la infección es posterior o durante estadios adultos los tubérculos son pequeños y rechazados para su comercialización y uso (Pérez et al., 2021).

#### **2.2.5 Síntomas**

Punta Morada presenta algunos síntomas, siendo el más característico la tonalidad morada en las hojas de los cultivos. Esta coloración se da debido a la activación de biosíntesis de antocianinas como respuesta de defensa de la planta a la intervención del fitoplasma. Según Cuesta et al. (2018), entre los síntomas de la enfermedad están:

- Desarrollo anormal, algunas pueden presentar enanismo o sobresalen de las demás plantas.
- Enrollamiento de hoja superiores.
- Tonalidades amarillas o moradas.
- Ensanchamiento de peciolo de las hojas.
- Engrosamiento en los nudos de los tallos.
- Crecimiento del tallo en zigzag.
- En el caso de los cultivos de papa, existe una presencia de tubérculos aéreos.
- Muerte temprana.

**2.2.5.1 Síntomas causados por fitoplasmas.** Viera et al. (2021) menciona que, al entrar el fitoplasma al floema de la planta, se presentan una variedad de síntomas como:

- Retraso en el crecimiento.
- Follaje amarillo.
- Punta morada o enrojecimiento.
- Proliferación de ramas y hojas, conocido como escoba de bruja.
- Pérdida de pigmentos.
- Filodia, conversión de flores a hojas.
- Clorosis en el borde de los folíolos de bordes apicales.
- Encarrujamiento de hojas inferiores.
- Textura de hojas quebradizas.
- Necrosis en flores, provocando el aborto de las mismas.
- Los frutos que llegan a formarse sufren deformaciones.
- Plantas en estado fenológico inicial de color verde, convirtiéndose progresivamente en amarilla.
- Mayor susceptibilidad de ataque de otros patógenos.
- Raíces secas por fungosis.
- En frutales solanáceos como uvilla presenta hojas amarillas y de color morado, con una marchitez posterior y muerte de la planta.

**2.2.5.2 Sintomatología de Punta Morada en tomate de árbol.** Plantas sanas de tomate de árbol muestran hojas grandes en la parte inferior, sin encarrujamiento y hojas de color morado en la zona superior, característico de las variedades conocidas. Sin embargo, las plantas enfermas con Punta Morada presentan las siguientes características (Viera et al., 2021):

- Amarillamiento y marchitez de la planta.
- Las hojas pequeñas de los ápices presentan el cambio de la tonalidad morada a rojizos.
- Enrollamiento de las hojas hacia el envés.
- Las hojas grandes de los ápices muestran amarillamiento intervenal en el haz.

- Detención de crecimiento.

## Figura 6

*Sintomatología de Punta Morada en plantas de tomate de árbol*



Fuente: (Viera et al., 2021).

### 2.3 Transmisión de enfermedades a través de semillas

Tanto el productor como consumidor de semillas, están interesados en la calidad genética, fisiológica y estado fitosanitario de la semilla. Algunas enfermedades pueden estar producidas por virus, hongos o bacterias y pueden ser transmisibles por semillas. El patógeno puede estar ubicado en la cubierta seminal, albumen o embrión de la semilla.

En el caso de la cubierta seminal y albumen la transmisión es externa. Esto quiere decir que la semilla solo transporta el agente patógeno y no supone la infección de la plántula a menos de que el virus sea altamente infeccioso por contacto. Por otro lado, la transmisión por embrión genera la enfermedad directa a las plantas (Gil, 1990).

### 2.4 Manejo de semillas

Para el manejo de semillas, se tiene algunos tratamientos para mejorar la calidad y seguridad sanitaria de la misma, los que son:

#### 2.4.1 Calor seco

Esta técnica consiste en mantener las semillas dentro de un horno o estufa. Durante 24 horas, las semillas se encontrarán a una temperatura de 80° C. De esta manera, se inactiva el virus y provoca un retraso en la germinación de 1 a 3 días. Esta técnica es conocida también como termoterapia y actualmente la mayoría de las semillas están siendo tratadas con este método.

#### ***2.4.2 Agua caliente***

El uso de agua caliente como controlador de virus en las semillas es una técnica algo complicada, pero con buenos resultados. Se debe de utilizar bolsas de tela llenas a mitad de su capacidad y humedecerlas. Inmediatamente, hay que colocar las semillas para que se sequen, controlando su temperatura.

#### ***2.4.3 Productos químicos***

Para el tratamiento con productos químicos se debe realizar aplicaciones durante varios periodos de tiempo. Este tratamiento se lo conoce como desinfección química y controla varias enfermedades y plagas. Pueden utilizarse, fungicidas, bactericidas y herbicidas, donde se tendrá un control con el uso y siguiendo las recomendaciones técnicas de cada producto (Gil, 1990).

#### ***2.4.4 Semilla certificada***

La semilla certificada es aquella que se obtiene consecuente a un proceso de legalización de producción y multiplicación de semillas mejoradas. La adquisición de semilla certificada garantiza a los agricultores identidad genética y alta calidad, beneficiando a la producción agrícola del país. Entre las ventajas del uso de semilla certificada se encuentran alto porcentaje de germinación, pureza varietal, buena calidad de cosecha, mayor resistencia a plagas y enfermedades y mayor rendimiento (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 1973).

### **2.5 Marco Legal**

La presente investigación se fundamenta en el marco jurídico ecuatoriano que regula la sanidad vegetal, el uso de semillas certificadas y la protección fitosanitaria. En primer lugar, la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (LORSA) establece que el Estado debe garantizar la soberanía alimentaria mediante el fomento de una agricultura sustentable y libre de contaminantes. En su artículo 6, se establece la promoción de prácticas agrícolas que preserven los recursos naturales y la biodiversidad, entre ellas el uso de semillas sanas y el control de enfermedades (Asamblea Nacional del Ecuador, 2009).

Por su parte, la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria (LOSA) en los artículos 60 y 61 señalan que el Estado debe prevenir, controlar y erradicar plagas y enfermedades que afecten la sanidad vegetal, fomentando la bioseguridad y la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017). Esta normativa se vincula directamente con los objetivos de la presente investigación, orientada al control fitosanitario de cultivos de naranjilla

(*Solanum quitoense* Lam.), tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) y uvilla (*Physalis peruviana* L.).

Desde la perspectiva internacional, el Convenio Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), del cual Ecuador es parte, obliga a los países firmantes a cumplir normas. Entre las que destacan, prevenir la introducción y diseminación de plagas vegetales, incluyendo enfermedades transmitidas por semillas y vectores como los fitoplasmas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2021).

En conjunto, estas normativas reafirman la necesidad de realizar investigaciones como la presente, que permitan desarrollar estrategias de manejo preventivo basadas en la sanidad del material vegetal, reduciendo el riesgo de enfermedades como la Punta Morada que afectan la productividad de cultivos clave para la seguridad alimentaria.

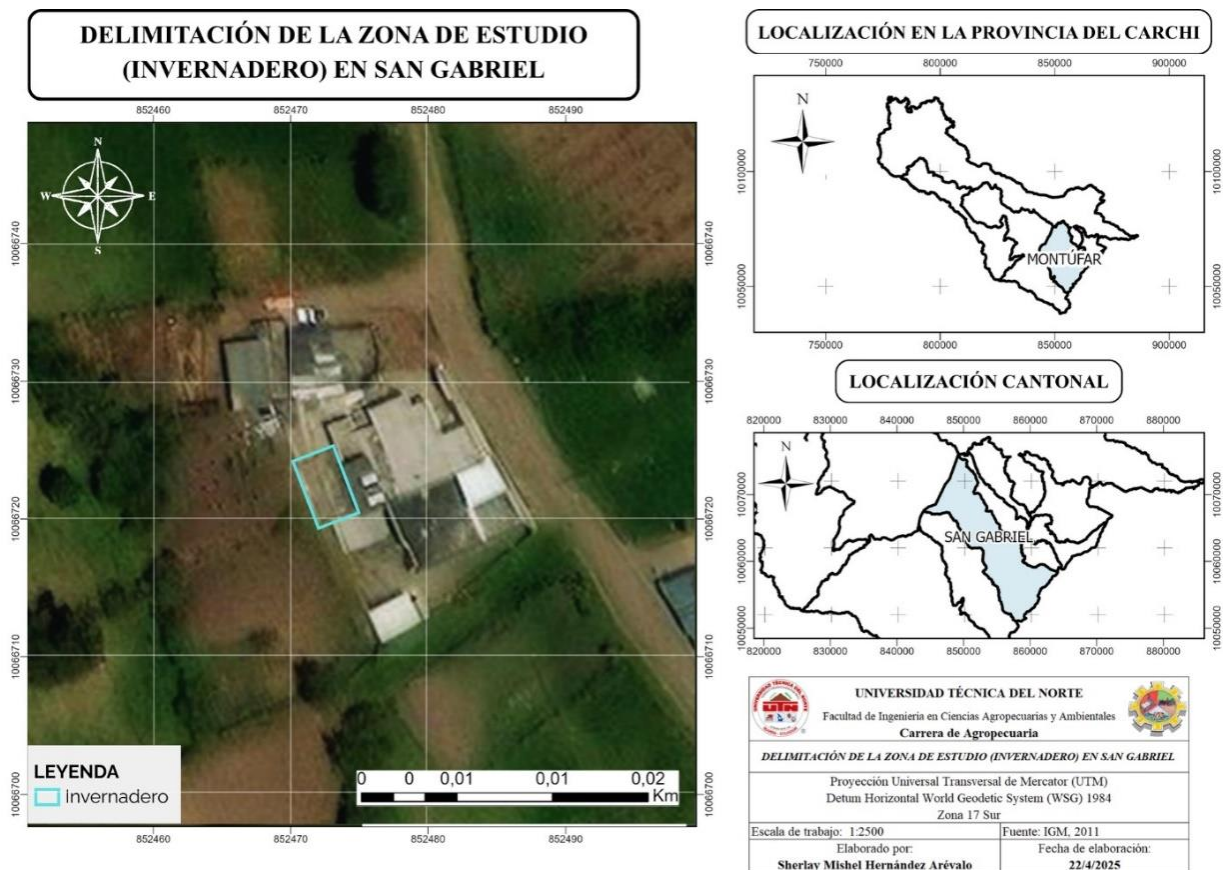
# CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

## 3.1 Caracterización del área de estudio

La investigación se la realizó en la ciudad de San Gabriel, cantón Montúfar perteneciente a la provincia del Carchi. En la Figura 7 se observa la localización de la zona donde se realizó el experimento. Así mismo, en la Tabla 2 se detallan las características edáficas y climáticas de la zona.

**Figura 7**

*Ubicación geográfica del lugar en estudio*



**Tabla 2***Ubicación geográfica y condiciones climáticas de la zona en estudio*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
<b>Provincia</b>	Carchi
<b>Cantón</b>	Montúfar
<b>Ciudad</b>	San Gabriel
<b>Parroquia</b>	Gonzáles Suárez
<b>Altitud</b>	2860 msnm
<b>Temperatura promedio anual</b>	17°C
<b>Humedad relativa promedio anual</b>	79%
<b>Pluviosidad promedio anual</b>	2.70 mm

Fuente: (Chulde, 2019).

**3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas**

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diversos materiales, equipos e insumos; los que se muestran la Tabla 3. Estos permitieron 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*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Material Biológico</b>
Semilleros	Celular	Gallinaza	Azadón	Semillas de naranjilla
Fundas vivero	Computadora	Tierra	Baldes	Semillas de tomate de árbol
Malla zaram	Impresora	Sustrato	Carretilla	Semillas de uvilla
Tela tul	Invernadero	Pómez	Palancón	
Carteles	Cuaderno de campo	Biol	Grapadora industrial	
			Tuercas – clavos – tornillos	
			Alfajías	
			Tablas	

### **3.3 Métodos**

La investigación es de tipo experimental híbrida. Es decir, los datos obtenidos son cualitativos y cuantitativos. La toma de datos inició con la germinación de plantas sanas y enfermas. Después del trasplante, se evaluó las plantas periódicamente cada 7 días durante la etapa vegetativa en el caso de los cultivos perennes y para los cultivos de ciclo corto durante todo su ciclo; siendo registrados en el cuaderno de campo. Finalmente, los datos obtenidos se analizaron 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 naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) y uvilla (*Physalis peruviana* L.) bajo condiciones de invernadero. Teniendo dos factores en estudio, que se detallan a continuación.

#### **Subparcela**

**Factor 1:** Origen

**P1:** Plantas sanas

**P2:** Plantas enfermas

#### **Parcela Principal**

**Factor 2:** Variedad

**C1:** Naranjilla

**C2:** Tomate de árbol

**C3:** Uvilla

#### **3.3.2 Tratamientos**

Dentro de la investigación se presentó la relación entre el origen de las semillas y la variedad de los cultivos. Es decir, si provienen de cultivos enfermos o sanos y las tres especies de solanáceas. La Tabla 4 indica la interacción entre los factores estudiados.

**Tabla 4**

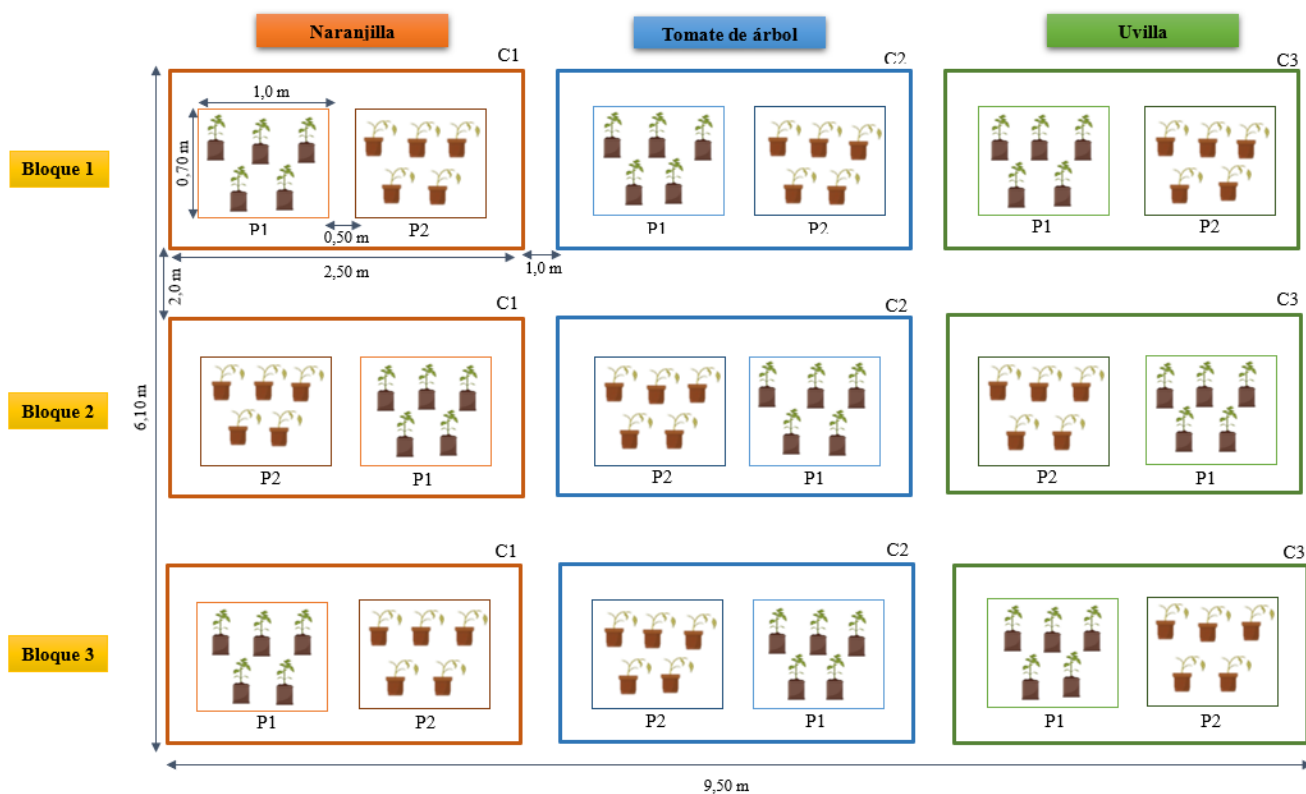
*Descripción y códigos de los tratamientos evaluados durante la investigación*

Tratamientos	Descripción	Código
T1	Plantas sanas de naranjilla	P1C1
T2	Plantas sanas de tomate de árbol	P1C2
T3	Plantas sanas de uvilla	P1C3
T4	Plantas enfermas de naranjilla	P2C1
T5	Plantas enfermas de tomate de árbol	P2C2
T6	Plantas enfermas de uvilla	P2C3

### 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 8.

**Figura 8** *Diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas.*



### 3.3.4 Características del experimento

En la Tabla 5 se detallan las características del experimento en estudio. Mientras que, en la Tabla 6 y Figura 9 se detallan los componentes de la unidad experimental usados en el diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas planteado en la investigación.

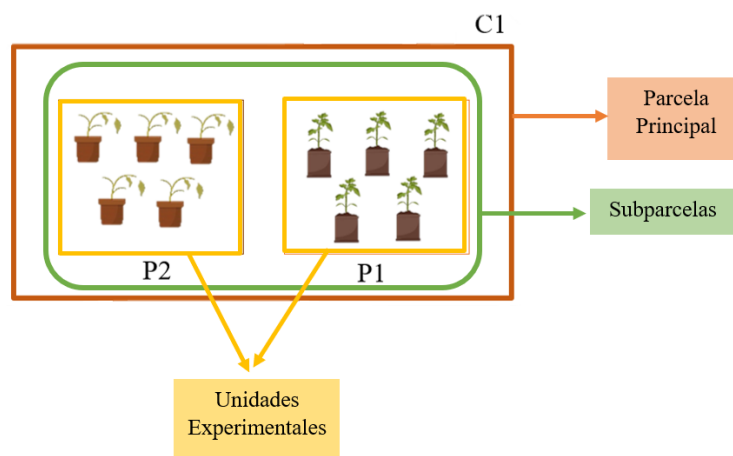
**Tabla 5**

*Características del experimento de transmisión de punta morada*

Característica	Descripción
Factor en estudio	2
Bloques	3
Número de unidades experimentales	18
Área total del ensayo	57.95 m <sup>2</sup>

**Figura 9**

*Delimitación de parcela principal, subparcela y unidad experimental del diseño usado en la investigación*



**Tabla 6**

*Características de la unidad experimental en la investigación*

Datos	Medidas
Número de plantas por unidad experimental	5
Número total de plantas experimentales	90
Área de cada unidad experimental	0,7 m <sup>2</sup>

### 3.3.5 Análisis estadístico

En la Tabla 7 se presenta un análisis de varianza (ADEVA) del diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas.

**Tabla 7**

*Análisis de varianza (ADEVA)*

Fuente de variación	Fórmula	GL
Bloques	$\beta - 1$	2
Variedad	$pp - 1$	2
Bloque (Variedad)	$(\beta - 1) (pp - 1)$	4
Origen	$sp - 1$	1
Bloque (Origen)	$(\beta - 1) (sp - 1)$	2
Variedad (Origen)	$(pp - 1) (sp - 1)$	2
Error experimental	$(\beta - 1) (pp - 1) (sp - 1)$	4
Total	$(pp) (sp) (\beta) - 1$	17

*Nota.*  $\beta$ : número de bloques, pp: parcela principal, sp: subparcela.

### 3.4 Variables

En el presente estudio se evaluaron variables relacionadas con la posible transmisión de la enfermedad de Punta Morada a través de semillas. Las variables consideradas permitieron determinar tanto la incidencia de síntomas en plantas desarrolladas a partir de semillas infectadas como la presencia del agente causal en diferentes etapas del desarrollo vegetal. Entre las principales variables evaluadas se incluyeron la tasa de germinación, el desarrollo morfológico de las plantas y la aparición de síntomas visuales asociados a la enfermedad. Estas variables fueron seleccionadas con el objetivo de establecer una relación entre la calidad sanitaria de la semilla y su capacidad para propagar la enfermedad, contribuyendo así al conocimiento sobre su epidemiología.

#### 3.4.1 Porcentaje de germinación

Se extrajó semillas de cultivos de naranjilla, tomate de árbol y uvilla. Tanto de plantas de origen sano como de aquellas que presenten sintomatología de punta morada. Para la evaluación se inició con la siembra de 39 semillas por cada especie y origen sanitario. Se separó a las bandejas en semillas sanas y enfermas y previamente colocados dentro de cajas entomológicas a cada uno. Para la obtención del porcentaje se realizó una regla de tres (Crosslin et al., 2011).

### Figura 10

*Germinación de semillas originarias de plantas de S. betaceum con presencia de síntomas de Punta Morada*



### 3.4.2 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 (Crosslin et al., 2011).

### Figura 11

*Semillas que brotaron y aquellas que no, provenientes de madres de P. peruviana y S. quitoense que presentaron la enfermedad*

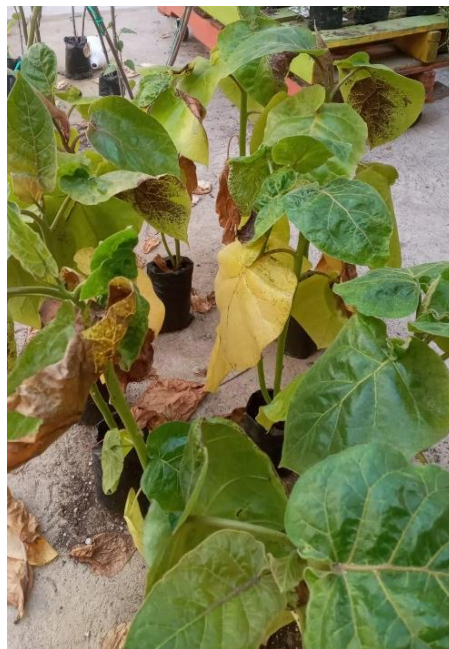


### ***3.4.3 Cambios físicos de las plantas***

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, número de hojas, flores; presentes en las plantas con relación a las guías de manejo de punta morada establecidas por INIAP. 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.

### **Figura 12**

*Cambios físicos en plantas de *S. betaceum* provenientes de semillas de origen enfermo*

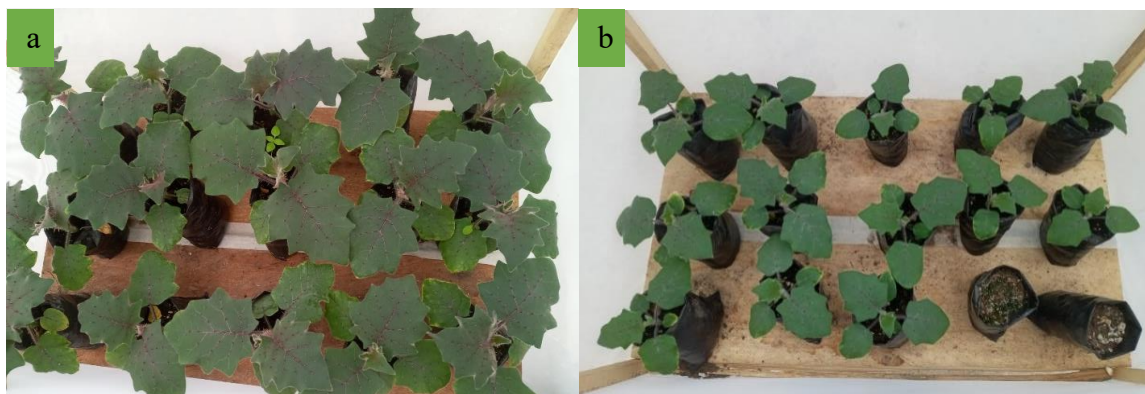


### ***3.4.4 Número de plantas sanas y enfermas***

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 (Crosslin et al., 2011). En la Figura 13 se observa plantas de naranjilla de origen sano y enfermo. En la imagen de la izquierda se encuentran las plantas de naranjilla de semillas de origen sano. Y en la derecha se observa las plantas de semillas de origen enfermo.

### Figura 13

*Plantas de S. quitoense de semillas de origen sano y origen enfermo*



*Nota.* a: plantas de naranjilla de semillas de origen sano; b: plantas de naranjilla de semillas de origen enfermo

#### **3.4.5 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.

### Figura 14

*Plantas de P. peruviana de semillas de origen enfermo con tallos en zigzag*

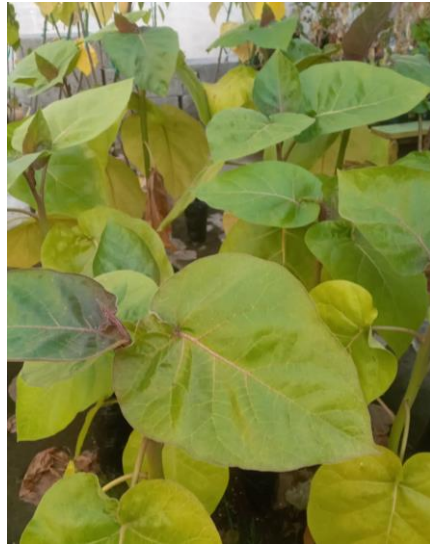


#### **3.4.6 Días de aparición de síntomas**

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).

### **Figura 15**

*Evaluación de síntomas de punta morada en plantas de tomate de árbol provenientes de semillas de origen enfermo*



#### **3.4.7 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.

### **Figura 16**

*Frutos de uvilla de plantas de semillas de origen sano*



### 3.5 Manejo específico del experimento

#### 3.5.1 Adquisición de semillas

Se realizó una reunión junto con encargados de la Unidad Experimental “Santa Catalina” perteneciente a INIAP. Donde, se nos proporcionó las semillas de los cultivos tanto enfermos como sanos y de bolsas para la conservación de las mismas como se observa en la Figura 17. Además, se recorrió las instalaciones con el objetivo de tener en cuenta las características que debe tener el invernadero para el desarrollo de las plantas.

#### Figura 17

*Semillas de tomate de árbol facilitadas por INIAP*



#### 3.5.2 Adecuamiento de invernadero

El invernadero requirió de algunos cambios de la estructura e implementación para el buen desarrollo de la investigación. 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 18

*Proceso de adecuación de invernadero*



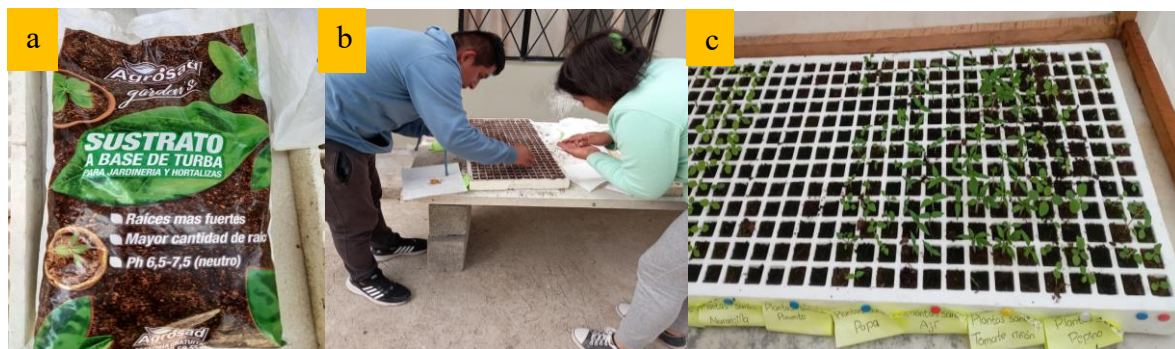
*Nota.* a: Cambio de plástico para el techo del invernadero; b: colocación de zaram y ventilación en el invernadero; c: invernadero ya adecuado con respecto a las indicaciones de INIAP.

### 3.5.3 Germinación

En los semilleros se colocó un sustrato a base de turba de origen comercial (Agrosad), ideal para la germinación de las semillas. Los semilleros fueron clasificados con respecto a su origen (sanos y enfermos) y colocados cada uno en diferentes cajas de cría entomológica que fueron proporcionadas por el área de entomología de carrera de Agropecuaria. Se les dio riego constante con un espray 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 19**

*Germinación de semillas de las especies en estudio*



*Nota.* a: sustrato utilizado para aplicar en las bandejas de germinación; b: siembra de semillas; c: bandeja de germinación perteneciente a las especies solanáceas de semillas de origen sano.

### 3.5.4 Elaboración de cajas de cría para entomología

Con el objetivo de que el insecto vector no ingrese y se propague la enfermedad, 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. En la parte superior se realizó una ventana adhesiva que permitió la manipulación y evaluación de las plantas. Se elaboró un total de 6 cajas con estructura base inferior de 60 cm x 80 cm y altura de 60 cm cada una designada para la especie con respecto a su origen.

**Figura 20**

*Esqueleto de cajas de cría para entomología*



### ***3.5.5 Preparación de sustrato para fundas de vivero***

Para el trasplante de las plántulas se preparó el sustrato. Los componentes fueron gallinaza (6kg), tierra cernida (11kg) y pómez (6kg). Con el uso de azadones y palancón se extrajo tierra, la cual se cernió y posteriormente mezcló con la gallinaza y pómez obteniendo un total de 23 kg de sustrato. Esta cantidad es superior para 90 fundas de 17cm x 13cm que fueron necesarias en el estudio. Finalmente se remojó el sustrato previo al trasplante.

#### **Figura 21**

*Mezcla de gallinaza, pómez y tierra cernida*



### ***3.5.6 Trasplante***

Cuando las plántulas alcanzaron una altura aproximada de 10cm a 20cm de altura se pasaron a las fundas ya listas. En el trasplante se utilizó guantes conforme a las instrucciones que mencionaron las ingenieras de INIAP.

#### **Figura 22**

*Tamaño ideal de la planta para el trasplante*



### ***3.5.7 Implementación de diseño experimental***

Las plántulas trasplantadas se colocaron dentro de las cajas de cría para entomología que se ordenaron con respecto al diseño experimental presentado. Finalmente fueron etiquetados según la especie y origen de la semilla.

#### **Figura 23**

*Diseño experimental aplicado en el invernadero*



### ***3.5.8 Labores culturales***

Se efectuó actividades de riego, deshierbe y fertilización durante la fase de campo. El riego se lo realizó pasando un día, mientras que el deshierbe una vez a la semana. En la fertilización se aplicó biol, elaborado en el campus Granja “La Pradera” de la carrera de Agropecuaria. 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 24**

*Manejo cultural y control fitosanitario de las plantas*



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Porcentaje de germinación

La importancia de esta variable se centra en determinar si la enfermedad afecta directamente a la capacidad de germinación de la semilla. Con el frecuente riego y cuidado la etapa de semillero duró alrededor de 60 días. Así, los datos obtenidos en este tiempo se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8**

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

Origen de semilla	Especie	Porcentaje de germinación (%)	Porcentaje de mortalidad (%)	Días a la germinación
Sana	<i>Solanum quitoense</i>	35.90	64.10	20
Sana	<i>Physalis peruviana</i>	97.44	2.56	14
Sana	<i>Solanum betaceum</i>	53.85	46.15	45
Enferma	<i>Solanum quitoense</i>	76.92	23.08	30
Enferma	<i>Physalis peruviana</i>	71.79	28.21	16
Enferma	<i>Solanum betaceum</i>	76.92	23.08	50

Se evidencia que la respuesta germinativa varió significativamente según la especie y el estado sanitario de las semillas. En el caso de naranjilla (*S. quitoense* Lam.), las semillas enfermas presentaron mayor germinación que las sanas con una diferencia de 41.02%. De igual manera, se mostró en tomate de árbol (*S. betaceum* Cav.) difiriendo un 23.07%. Sin embargo, en uvilla (*P. peruviana* L.) el porcentaje de germinación fue mayor en semillas sanas con 25.65% de distinción con respecto a las semillas enfermas. Así, se evidencia que la especie con mayor porcentaje de germinación es uvilla originaria de semilla sana (97.44%). Y la especie con menor porcentaje es naranjilla proveniente de semilla sana (35.90%). Este comportamiento sugiere que la enfermedad no inhibe de forma inmediata a la capacidad germinativa.

Estos resultados se relacionan con los reportes presentados en semillas de tomate de árbol y naranjilla por Torres González (2019). Donde, la germinación de las semillas de estos cultivos llega a ser menor al 40% si no se aplica tratamientos hormonales o las condiciones no son óptimas. De igual manera, menciona que las semillas bajo infección pueden activar mecanismos que favorezcan el brote inicial (mecanismos de supervivencia); dando porcentajes

de germinación mayores al 70%. En el caso de uvilla, un estudio demuestra que en ambientes óptimos el porcentaje de germinación alcanza un 96%, respaldando que el alto potencial germinativo depende más del ambiente que de su origen sanitario (de Freitas et al., 2024). Por lo tanto, la germinación dependerá de los mecanismos de defensa o adaptación de la semilla.

Con respecto a los días de germinación presentes en la Tabla 8, se evidencia que las semillas sanas de todas las especies brotaron más rápido que las de origen enfermo. Naranjilla con 10 días de diferencia, tomate de árbol 5 y uvilla 2. Esta diferencia en el tiempo de germinación resalta el impacto negativo que tiene la enfermedad sobre la viabilidad de las semillas. Torres González (2019) menciona que la germinación de naranjilla y tomate de árbol va desde los 15 a 21 días. Además, resalta que la semilla sin pretratamiento puede superar los 28 días de germinación. En este estudio, la germinación de naranjilla se encuentra dentro del rango de días. Mientras que, tomate de árbol supera el rango con el doble de días. La germinación de uvilla fue a los 14 días coincidiendo con el rango de germinación observado por de Freitas et al. (2024) que va de 10 – 14 días considerada como una germinación rápida.

#### **4.2 Índice de mortalidad de plántulas**

Este indicador es clave para identificar el efecto negativo de la enfermedad sobre la vigorosidad y estabilidad de los cultivos. Además, de conocer la tolerancia inicial al estrés provocado por el patógeno. En la Tabla 8 se indica el porcentaje de mortalidad presentes entre especie y origen sanitario de las semillas.

En *S. quitoense* Lam. y *S. betaceum* Cav., las semillas provenientes de plantas madre enfermas mostraron una menor mortalidad (23.08%) en comparación con las semillas sanas (64.10% y 46.15%, respectivamente). En contraste, *P. peruviana* presentó un comportamiento opuesto, con mayor mortalidad en semillas enfermas (28.21%) frente a las sanas (2.56%). Así, la especie con mayor índice de mortalidad es naranjilla de plantas sanas y la de menor índice uvilla de semilla sana; indicando una mayor susceptibilidad de esta especie a los efectos negativos del patógeno.

A pesar de no existir estudios que atribuyan los resultados de los tres cultivos mencionados, existen otros que abordan la mortalidad en solanáceas y demás cultivos debido a fitoplasmas. En berenjena (*Solanum melongena* L.) infectada por fitoplasmas, se registró 40 % de mortalidad bajo condiciones controladas (Darabakula et al., 2024). Mientras que en sándalo (*Santalum album* L.) se presentó una mortalidad de 100% en plántulas nacidas de semillas

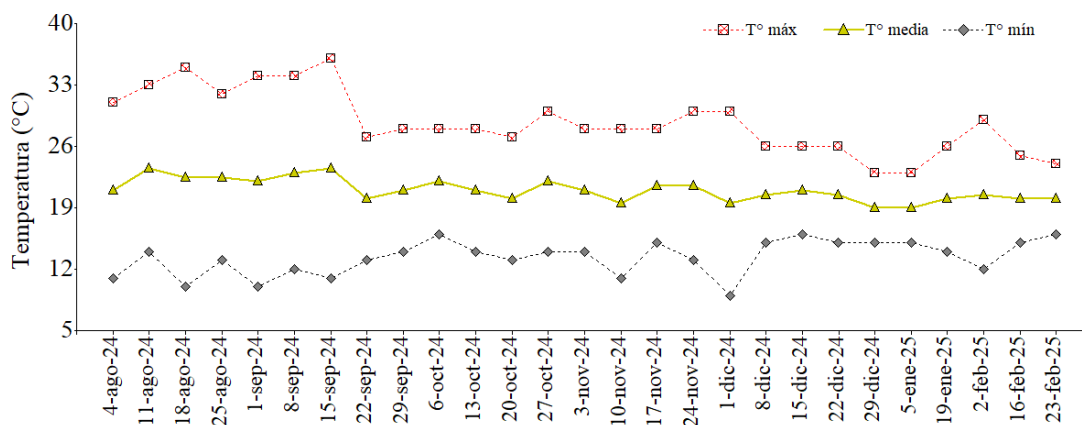
infectadas (Kirdat et al., 2022). Demostrando los resultados de este estudio que el fitoplasma afecta directamente a plantas hijas.

### 4.3 Temperaturas presentes durante el experimento

Uno de los principales factores para el desarrollo y propagación del agente causal y vector de Punta Morada es la temperatura. *Bactericera cockerelli* se desarrolla de 24 °C – 27°C, temperaturas superiores a 31°C e inferiores a 7° C provocan la muerte del vector (Olaniyan et al., 2020). Al no existir la presencia de *B. cockerelli* en los cultivos, la enfermedad se debe a su agente causal. *Candidatus Liberibacter solanacearum* es sensible a altas temperaturas, donde la óptima para su desarrollo es de 25 °C – 30 °C (Noales et al., 2016).

**Figura 25**

*Variación de la temperatura a lo largo del desarrollo de las plantas*



En la Figura 25 se observa una disminución de la temperatura máxima en la semana 8 llegando a 27 °C. Temperatura que se encuentra dentro del rango para el desarrollo de *Ca. Liberibacter solanacearum*; lo que coincide con la expresión de los primeros síntomas en los cultivos estudiados provenientes de semillas enfermas. Esta temperatura óptima de desarrollo se mantiene a los largos de 10 semanas, donde existe la manifestación de otros síntomas de la enfermedad en plantas originarias de semillas enfermas. Siendo el síntoma más relevante el de retraso de crecimiento. Así, existe una gran relación con respecto a la temperatura y a la aparición de síntomas en los cultivos provenientes de semillas enfermas.

### 4.4 Cambios físicos durante el desarrollo de las plantas después del trasplante

Para la obtención de los cambios físicos de las plantas se tomó en cuenta el tamaño de la planta, número de hojas y flores. En el caso de uvilla todos los cambios mencionados fueron evaluados y analizados. Mientras que para tomate de árbol y naranjilla solo hasta el número de hojas

debido a que son cultivos de ciclo perenne y necesitan de mayor tiempo para llegar a las siguientes etapas fenológicas.

#### 4.4.1 Altura (cm)

Uno de los síntomas principalmente visibles de Punta Morada es el retraso de crecimiento, por lo que es necesario la toma de altura de las plantas para la obtención de este resultado.

**4.4.1.1 Naranjilla.** Para este cultivo la altura se evaluó durante la etapa vegetativa. La Tabla 9 indica los valores obtenidos en el análisis de varianza para la altura de naranjilla.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para la altura de plantas de S. quitoense*

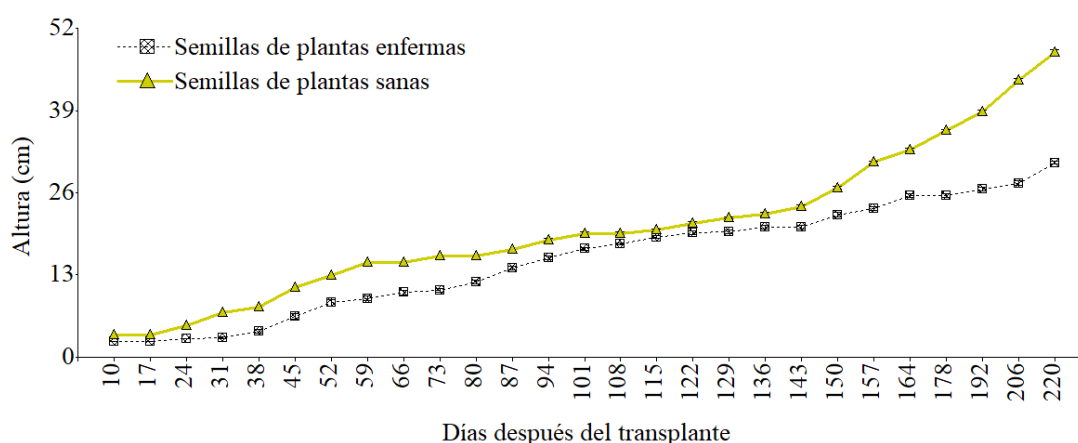
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
Ddt	26	694	5194.36	<0.0001
Origen	1	694	7890.94	<0.0001
ddt:Origen	26	694	231.55	<0.0001

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

El análisis de varianza refleja que existe diferencia significativa (<0.0001) entre el origen de la semilla y los días después del trasplante para la variable altura en *S. quitoense*. Es decir, la altura de las plantas fue variable durante los 220 días de evaluación.

**Figura 26**

*Altura de plantas de naranjilla según el origen y días después del trasplante (ddt)*



En la Figura 26 se observa que las plantas de naranjilla provenientes de semillas sanas mostraron un crecimiento significativamente mayor en altura en comparación con las plantas enfermas a lo largo del tiempo. Desde los 24 días después del trasplante (ddt) se comienza a evidenciar una diferencia entre las alturas (1 cm) de las plantas con respecto a su origen. Así

mismo, desde los 108 hasta 122 ddt la altura de las plantas de naranjilla sana y enferma llegan a tener diferencias de 1 a 2 cm aproximadamente. A los 143 ddt la diferencia es de alrededor 3cm siendo las plantas de naranjilla sana más altas que las de semilla enferma. Esta tendencia se mantuvo constante hasta el final de la evaluación, donde las plantas sanas alcanzaron un promedio de 48.20 cm, mientras que las plantas enfermas un promedio de 30.72 cm, es decir una diferencia de 17.48 cm.

En vivero, las plantas de naranjilla están listas para el trasplante entre los 4 y 6 meses, con alturas promedio de 40 a 60 cm y 5 a 7 hojas verdaderas (Revelo et al., 2010). Las plantas evaluadas en este estudio están dentro del rango establecido por el autor. Mientras que, las plantas de origen de semillas enfermas registraron una menor altura de planta. Por tanto, los resultados obtenidos refuerzan la importancia de utilizar material vegetal libre de patógenos para garantizar un desarrollo vegetativo óptimo en naranjilla.

**4.4.1.2 Tomate de árbol.** Al igual que la naranjilla, las plantas de tomate de árbol fueron medidas durante la etapa vegetativa. En la Tabla 10 se observa el análisis de varianza obtenido para la altura de plantas de tomate de árbol.

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para la altura de plantas de *S. betaceum**

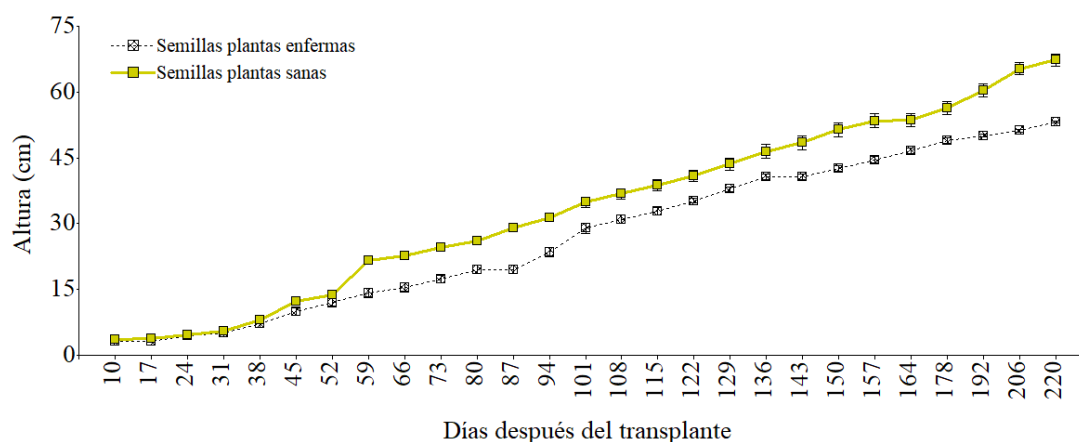
	<b>GLFV</b>	<b>GLEEx</b>	<b>F-value</b>	<b>p-value</b>
Ddt	26	643	1637.26	<0.0001
Origen	1	643	245.83	<0.0001
ddt:Origen	26	643	23.11	<0.0001

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

El análisis de varianza refleja que existe diferencia significativa (<0.0001) entre el origen de la semilla y los días después del trasplante para la variable altura en *S. betaceum*. Es decir, la altura de las plantas fue variable durante los 220 días de evaluación.

**Figura 27**

*Altura promedio de plantas de tomate de árbol según origen y ddt*



La Figura 27 muestra el contraste de altura en las plantas de tomate de árbol de semillas sanas y enfermas. Desde los 10 a 31 ddt la diferencia entre alturas es mínima (0.40 cm aproximadamente), hasta los 59 días después del trasplante (ddt) donde ya es más notoria la variación. Donde las plantas sanas son más altas con 7 cm aproximadamente con respecto a las enfermas, manteniendo esa tendencia hasta los 94 ddt. Así, se evidencia que las plantas de tomate de árbol provenientes de semillas sanas mostraron un crecimiento más vigoroso, alcanzando un promedio de 67.36 cm a los 220 ddt. En cambio, las plantas enfermas obtuvieron 53.17 cm a la misma fecha. Con una diferencia de 14.19 cm al final de la evaluación que la enfermedad también afecta negativamente esta especie.

Según Nthiga Evans (2017), las plantas de tomate deben llegar a medir 45 cm en vivero previo al trasplante. Los resultados obtenidos en el estudio superan la altura propuesta por el autor a pesar del origen de la semilla. Sin embargo, Flores et al. (2015) descubrieron que la infección por fitoplasmas provoca una reducción del crecimiento de 20% en especies relacionadas. Estos valores justifican que las plantas de origen de semillas enfermas presenten menor altura que las plantas libres de la enfermedad de esta investigación.

**4.4.1.3 Uvilla.** La altura de uvilla se evaluó durante todo su ciclo fenológico. La Tabla 11 presenta el análisis de varianza para plantas de este cultivo.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para la altura de plantas de P. peruviana*

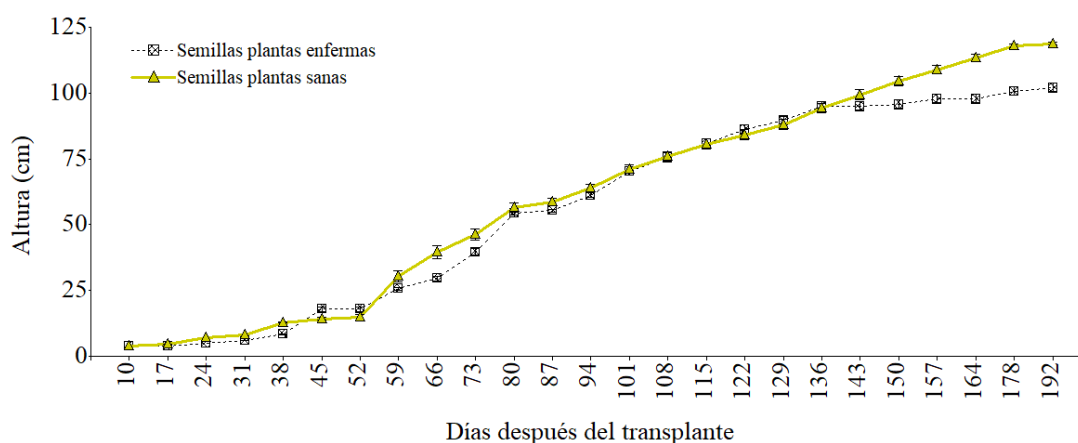
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
Ddt	24	643	2184.56	<0.0001
Origen	1	643	130.38	<0.0001
ddt:Origen	24	643	13.08	<0.0001

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

El análisis de varianza refleja que existe diferencia significativa (<0.0001) entre el origen de la semilla y los días después del trasplante para la variable altura en *P. peruviana*. Es decir, la altura de las plantas fue variable durante los 192 días de evaluación.

**Figura 28**

*Altura de plantas de uvilla según origen y ddt*



La Figura 28 presenta la altura de plantas de uvilla sanas y enfermas a lo largo de todo el ciclo. Durante las primeras semanas (10 – 17 días después del trasplante (ddt)) del desarrollo de plantas de los dos orígenes las alturas fueron constantes, hasta los 24 a 38 ddt donde la diferencia de altura fue de 0.60 cm aproximadamente, siendo mayor las de origen sano. Durante los 45 y 52 ddt la altura de las plantas de uvilla de semillas enfermas fue mayor a las sanas con un aproximado de 3 cm. Desde los 59 ddt las plantas de semillas sanas ganan más altura que las enfermas hasta los 80 ddt donde empiezan las alturas a ser semejantes. Las plantas de uvilla de origen sano son más altas desde los 80 a 108 ddt, mientras que de los 115 a 136 ddt son más altas las de origen enfermo, con una diferencia de 0.20 – 0.35 cm aproximados. Así, la altura de las uvillas de origen enfermo desde los 136 ddt aumentó mínimamente (0.60 cm) hasta los 143 ddt, finalmente, llegaron a medir 102.07 cm (192 ddt). Demostrando que las uvillas de

origen sano tuvieron un crecimiento y altura mayor (118.71 cm) con una diferencia de 16.64 cm.

Gardenate (2019), menciona que plantas de uvilla llegan a una altura de 50cm a 2m en ambientes controlados. En la investigación las plantas de uvilla tanto de origen sano como enfermo están dentro de la altura que propone el autor. También, Ferreira et al. (2022) en su estudio obtuvo una incidencia de la enfermedad en uvilla de 1 a 2%. Este porcentaje se evidenció especialmente en la altura de las plantas. Al igual que en la investigación, las uvillas de origen sano presentaron mayor altura que aquellas que provienen de madres enfermas.

#### 4.4.2 Número de hojas

Entre los síntomas de Punta Morada se encuentra la evaluación de color y forma de las hojas, por ende, es importante evaluar la cantidad para determinar su severidad.

**4.4.2.1 Naranjilla.** Su conteo fue de hojas verdaderas y de aquellas nuevas que brotaron durante la etapa vegetativa. La Tabla 12 indica el análisis de varianza del número de hojas de plantas de naranjilla.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para el número de hojas de plantas de S. quitoense*

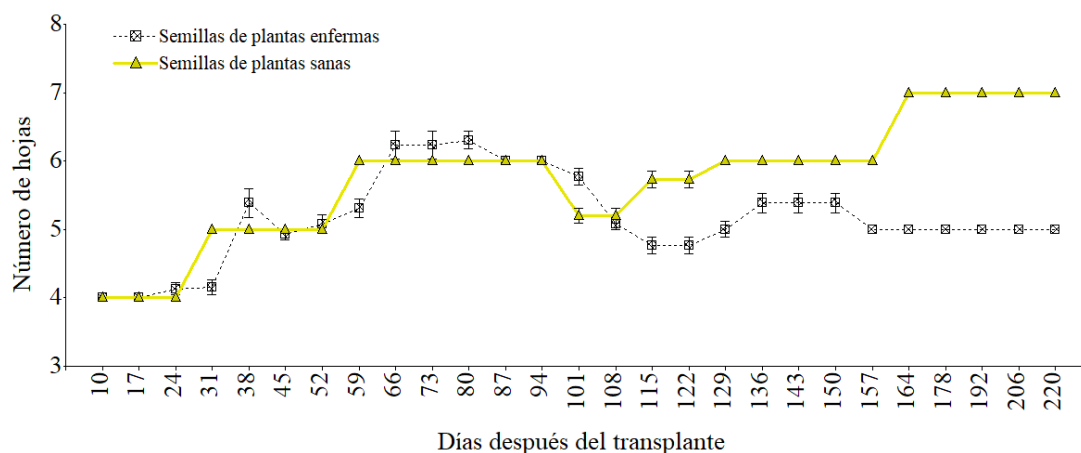
	<b>GLFV</b>	<b>GLEEx</b>	<b>F-value</b>	<b>p-value</b>
Ddt	26	694	158.38	<0.0001
Origen	1	694	704.76	<0.0001
ddt:Origen	26	694	58.27	<0.0001

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

El análisis de varianza refleja que existe diferencia significativa (<0.0001) entre el origen de la semilla y los días después del trasplante para la variable número de hojas en naranjilla. Es decir, la altura de las plantas fue variable durante los 220 días después del trasplante.

**Figura 29**

*Número de hojas en plantas de naranjilla según su origen y ddt*



La Figura 29 muestra la variación del número de hojas de las plantas de naranjilla sanas y enfermas a lo largo de 220 días después del trasplante (ddt). En los 38, 80 y 101 ddt existe mayor cantidad foliar en plantas enfermas en contraste a las sanas, donde se evidencia que a la fecha siguiente existe una igualdad en la cantidad de hojas. Esto se debe a que mientras hojas viejas caen, existen nuevos brotes en plantas sanas. A diferencia de, en las plantas enfermas las hojas se mantienen y se desarrollaron hojas jóvenes. De esta manera, desde los 115 ddt las plantas de origen sano son las que cuentan con mayor número de hojas. La cantidad final de hojas en las plantas de semillas sanas fue de 7 hojas mientras que las enfermas de 5. Esta diferencia significativa evidencia el impacto de la enfermedad sobre la morfogénesis foliar y el desarrollo funcional de la planta.

De 4 a 6 meses las plantas de naranjilla en vivero alcanzan requerimientos óptimos para su trasplante. En el caso de las hojas, estas llegan a tener un promedio de 5 a 7 hojas verdaderas (Revelo et al., 2010). En el estudio, las plantas de semillas de origen sano y enfermo llegan a tener el número de hojas propuesto por el autor. Sin embargo, en plantas de origen enfermo no hay un incremento de hojas, simplemente se mantienen. Al igual que, en el estudio de Ferreira et al. (2022) la presencia del fitoplasma lleva consigo la proliferación de brotes y retención foliar, sin caída prematura de hojas. Estos síntomas se presentaron en la investigación, por lo cual, el número de hojas está relacionado con la presencia de Punta Morada.

**4.4.2.2 Tomate de Árbol.** Se contó las hojas verdaderas durante la etapa vegetativa de las plantas. En la Tabla 13 se indica el análisis de varianza del número de hojas en plantas de tomate de árbol.

**Tabla 13**

*Análisis de varianza para el número de hojas de plantas de S. betaceum*

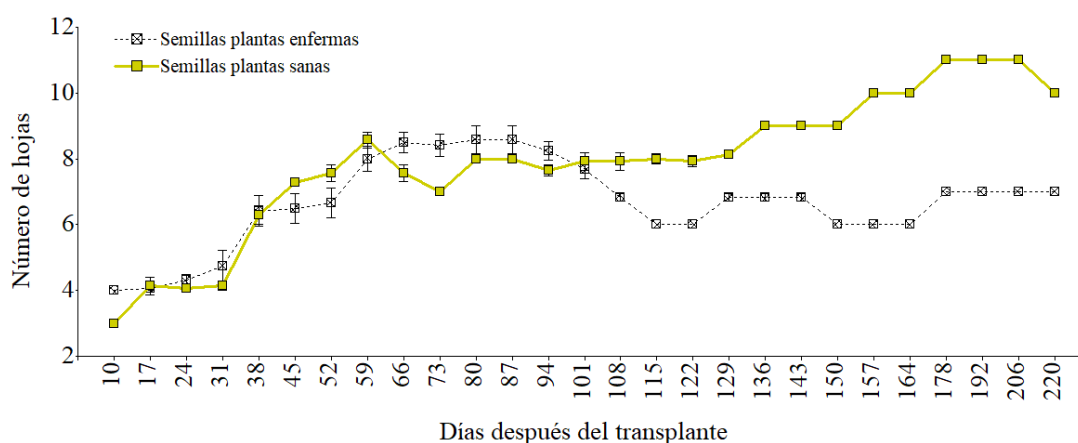
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
Ddt	26	643	136.72	<0.0001
Origen	1	643	448.38	<0.0001
ddt:Origen	26	643	43.17	<0.0001

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

El análisis de varianza refleja que existe diferencia significativa (<0.0001) entre el origen de la semilla y los días después del trasplante para la variable número de hojas en tomate de árbol. Es decir, la altura de las plantas fue variable durante los 220 días después del trasplante (ddt).

**Figura 30**

*Número de hojas en plantas de tomate de árbol según el origen y ddt*



La Figura 30 presenta la cantidad foliar que presentó las plantas de tomate de árbol procedente de semillas sanas y enfermas durante 27 semanas. Esta especie muestra una tendencia clara de mayor vigor vegetativo en plantas sanas. Al igual que en la naranjilla, la menor cantidad de hojas en plantas sanas se debió a la caída de hojas viejas y desarrollo de hojas jóvenes. Este caso se presentó durante los 10 a 38 días después del trasplante y nuevamente desde los 66 a 101 ddt, siendo en la semana 15 (108 ddt) el crecimiento mayoritario de hojas en plantas sanas superando a las de origen enfermo hasta el final de la evaluación (220 ddt). La producción de hojas fue mayor en plantas sanas con 10 hojas, mientras que las enfermas alcanzaron un total de 7 hojas; con una diferencia promedio de 3 hojas por planta.

Acosta et al. (2016) en su tabla de etapas fenológicas de *S. betaceum* menciona que en vivero las plantas alcanzan entre 8 y 12 hojas. Donde, las plantas de origen sano presentan las hojas

que el autor menciona. Al contrario de, las hojas de plantas de origen enfermo se encuentran por debajo del rango. Por otro lado, estudios mencionan que existe una relación entre el número de hojas, tasa de crecimiento y fotosíntesis (Hartmann et al., 2019). Así, las plantas de origen enfermo en este estudio presentan menor rendimiento foliar lo que impactará en la capacidad reproductiva de estas.

**4.4.2.3 Uvilla.** Las hojas de uvilla se evaluaron hasta los 192 días después del trasplante (ddt). Debido al inicio de la floración, no se presentó aumento de hojas a partir de los ddt mencionados. La Tabla 14 indica el análisis de varianza para el numero de hojas de uvilla.

**Tabla 14**

*Análisis de varianza para el número de hojas de plantas de P. peruviana*

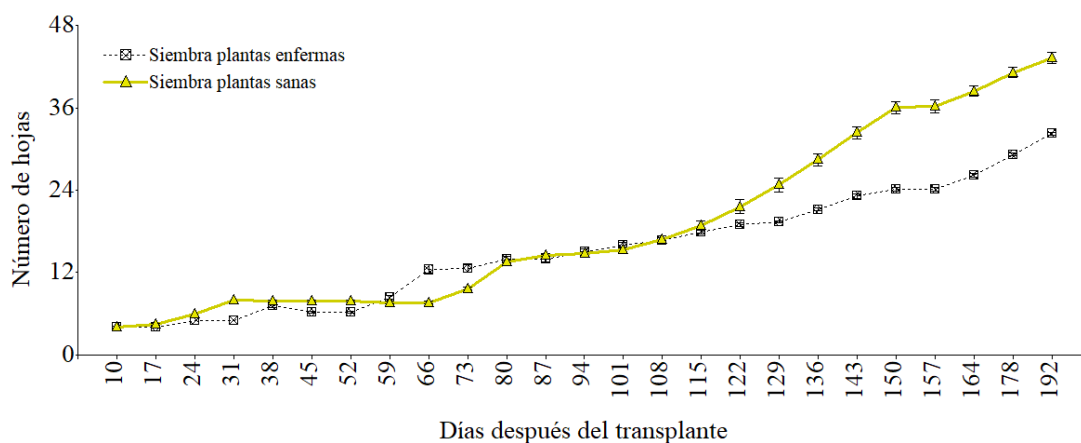
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
Ddt	24	643	1323.88	<0.0001
Origen	1	643	809.88	<0.0001
ddt:Origen	24	643	81.11	<0.0001

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

El análisis de varianza refleja que existe diferencia significativa (<0.0001) entre el origen de la semilla y los días después del trasplante para la variable número de hojas en uvilla. Es decir, la altura de las plantas fue variable durante los 192 días después del trasplante.

**Figura 31**

*Número de hojas en plantas de uvilla según el origen y ddt*



La Figura 31 muestra un patrón similar en plantas de uvilla sanas y enferma con respecto a las especies ya analizadas. En esta especie durante las primeras 7 semanas las plantas sanas tuvieron mayor cantidad foliar que en las enfermas (2 – 3 hojas por planta) a diferencia de las

otras especies donde las primeras semanas contaban con menos hojas. Durante los 66 a 108 días después del trasplante (ddt) se muestra el comportamiento semejante a las otras especies donde el brote de hojas jóvenes diferencia a plantas sanas de enfermas, por ende, mayor cantidad de hojas en plantas enfermas. Desde los 115 ddt se observa mayor número de hojas en plantas sanas hasta llegar a los 192 ddt, donde las uvillas de semillas sanas alcanzaron un promedio de 43.29 hojas, mientras que las enfermas 32.21.

En la investigación de Bharty et al. (2022), las plantas de uvilla alcanzaron 99.2 cm de altura con un promedio de 38 hojas en ambiente controlado. En base a esta referencia, las plantas sanas de este estudio superan el número de hojas establecido. Mientras que, las plantas de uvilla de origen enfermo las hojas se encuentran bajo el número que obtuvo el autor.

#### 4.4.3 Número de flores en plantas de uvilla

Tanto el número de flores como de frutos son indispensables para conocer el rendimiento de las plantas. Dependerá de la flor el éxito de la formación y reproducción de los frutos. Por lo tanto, la Tabla 15 muestra el análisis de varianza del número de frutos de uvilla.

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para el número de flores de plantas de P. peruviana*

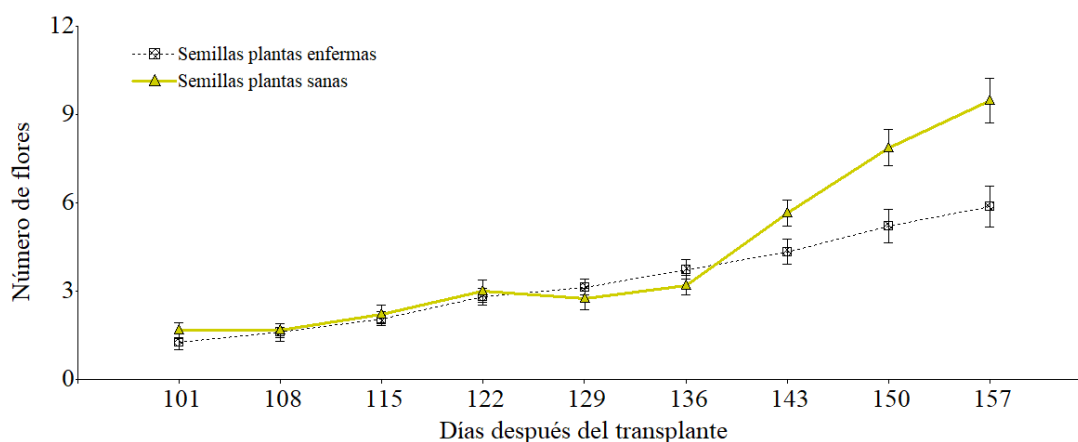
	<b>GLFV</b>	<b>GLEEx</b>	<b>F-value</b>	<b>p-value</b>
Ddt	8	238	62.81	<0.0001
Origen	1	238	5.05	0.0255
ddt:Origen	8	238	4.33	0.0001

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

El análisis demostró que entre ddt: Origen existe una diferencia significativa en el número de flores de plantas de uvilla. Siendo  $F = 4.33$ ;  $gl = 8, 238$ ;  $p = 0,0001$ . Esta diferencia sugiere que la infección interfiere en la fase reproductiva de la planta, reduciendo su capacidad de floración, lo cual tiene implicaciones directas sobre la producción de frutos.

**Figura 32**

*Número de flores en plantas de uvilla según el origen y ddt*



La Figura 32 muestra la floración en plantas sanas y enfermas de uvilla a lo largo de todo el ciclo. Las plantas de uvilla de semillas sanas alcanzaron un promedio de 9.47 flores, mientras que las de semilla enferma 5.87; es decir una diferencia de 3,6 flores. Durante toda la floración las plantas de semillas sanas presentaron más cantidad de flores, a excepción en los 129 y 136 días después del trasplante (ddt) donde las flores en las plantas de semillas enfermas fueron más. Estudios realizados por Galindo-Tovar et al. (2008), destacan que la floración en uvilla es altamente sensible a factores internos y externos, y cualquier alteración en la fisiología de la planta puede tener consecuencias en su productividad. Así, estos resultados recalcan la importancia de utilizar material vegetal sano, con el objetivo de mantener el desarrollo vegetativo y asegurar una buena capacidad reproductiva.

#### **4.5 Número de plantas sanas y enfermas en los cultivos evaluados**

Esta variable fue evaluada a partir del trasplante de las plantas. Este se realizó de 15 plantas por especie y origen. Las plántulas fueron colocadas en sus respectivas cajas y evaluadas, obteniendo los resultados presentes en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*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 quitoense</i>	0.00	100.00	-
Sana	<i>Physalis peruviana</i>	6.67	100.00	-
Sana	<i>Solanum betaceum</i>	6.67	100.00	-
Enferma	<i>Solanum quitoense</i>	13.33	-	61.54
Enferma	<i>Physalis peruviana</i>	6.67	-	71.43
Enferma	<i>Solanum betaceum</i>	20.00	-	100.00

Se registraron diferencias marcadas en el número de plantas sanas y enfermas al finalizar el experimento. En todas las especies las plantas originadas de semillas sanas se mantuvieron completamente libres de síntomas (100% sanas). Mientras que en las plantas de origen enfermo se observaron tasas elevadas de infección, siendo la más afectada *S. betaceum* (100% enferma), seguido de *P. peruviana* y *S. quitoense*. Este resultado confirma que la enfermedad está fuertemente relacionada con el estado inicial del material vegetal y que el uso de semillas sanas es determinante para un cultivo libre de síntomas. En la Figura 33 se observa plantas de *S. betaceum*, a la izquierda son aquellas provenientes de semillas de origen sano. Mientras que a la derecha plantas de semillas enfermas, donde se aprecia la muerte de algunas plantas de tomate.

**Figura 33**

*Plantas de tomate de árbol con respecto al origen de las semillas*



*Nota.* a: plantas de tomate de árbol de semillas de origen sano; b: plantas de tomate de árbol de semillas de origen enfermo.

Carminati et al. (2021), en su estudio de transmisión de fitoplasmas en plantas establece un rango para determinar el porcentaje de afección en las plantas. Así obtuvo que, el 100% de las plantas

presentan la afección. Al igual que, en el estudio se obtuvo hasta el 100% de plantas afectadas por Punta Morada.

Con respecto a el porcentaje de mortalidad, la especie con mayores muertes es tomate de árbol de origen enfermo con 20% (3 plantas), mientras que naranjilla sana con 0% de mortalidad. Epidemias naturales en árboles infectados por fitoplasma han mostrado mortalidades entre el 12% y 37% en periodos prolongados (Sinclair & Griffiths, 1994), lo que sugiere que el nivel de mortalidad que se registró en el estudio coincide con el rango esperado en casos de infección severa. Según Lee et al. (2000), la progresión de enfermedades causadas por fitoplasmas puede llevar al colapso fisiológico de los tejidos, lo que explica las muertes registradas. Así, los datos de mortalidad se relacionan con los resultados del número de plantas enfermas y sanas obtenidos.

#### 4.6. Sintomatología de Punta Morada

Según las guías y manuales de Punta Morada de INIAP, se consideraron algunos síntomas para la evaluación. Los datos presentados son únicamente para tomate de árbol, sin embargo, se relacionó a los mismos con las dos otras especies debido a que son cultivos frutícolas y han sido mencionados en los manuales generalmente. En la Tabla 17 se indican los síntomas que se observaron en la evaluación y a su vez el porcentaje en el que se presentaron.

**Tabla 17**

*Porcentaje de síntomas visibles de punta morada presentes en las plantas de naranjilla, tomate de árbol y uvilla originarias de semillas enfermas*

<b>Especie</b>	<b>Número de plantas</b>	<b>Porcentaje de engrosamiento de nudos del tallo</b>	<b>Porcentaje de tallos en zigzag</b>	<b>Porcentaje de coloración amarilla o morada en las hojas</b>
<i>Solanum quitoense</i>	13	0.00	0.00	61.54
<i>Solanum betaceum</i>	12	41.67	0.00	100.00
<i>Physalis peruviana</i>	14	57.14	71.43	71.43

Los síntomas más visibles en estas especies son el engrosamiento de nudos del tallo, tallos en zigzag (Figura 34) y coloración amarilla o morada de las hojas (Figura 35). Uvilla presenta los tres síntomas ya mencionados, siendo tallos en zigzag y coloración amarilla en hojas con mayor severidad en las plantas (71.43%). Los tallos en zigzag afectaron a la altura, vigorosidad y estabilidad de las plantas de uvilla, por tal motivo se sujetó con cabuyas para estabilizarlas.

En la investigación se presentaron síntomas similares como los registrados por Ferreira et al. (2022) en sus estudios de infección por fitoplasmas en uvilla. Las plantas muestran clorosis, malformaciones en las hojas y proliferación de brotes con una incidencia de 1 a 2%. En base al autor, este estudio presenta mayor afección en las plantas en estudio.

El síntoma que afectó en gran medida a las especies fue la coloración amarilla o morada en las hojas, donde no se presentaron tonalidades moradas; siendo tomate de árbol el más afectado por la enfermedad (100%). Esta respuesta podría deberse a una mayor sensibilidad fisiológica de esta especie al patógeno, siendo un factor clave para el diagnóstico temprano (Lee et al., 2000). Esto indica que la expresión sintomática varía entre especies, pero es particularmente evidente en materiales infectados desde el inicio.

### **Figura 34**

*Síntomas presentes en plantas de P. peruviana originarias de semillas enfermas*



*Nota.* a: engrosamiento de nudos del tallo; b: tallos en zigzag.

### **Figura 35**

*Coloración amarilla o morada en hojas de S. betaceum de semillas enfermas*



#### 4.7 Días de aparición de síntomas

Esta variable nos permite identificar en que lapso se presentó la enfermedad en las especies en estudio. Con el objetivo de conocer la etapa en la que la enfermedad afecta a las solanáceas.

**Tabla 18**

*Días después del trasplante en el que aparecieron los síntomas en las plantas de naranjillas, tomate de árbol y uvillas de origen enferma*

<b>Especie</b>	<b>Síntoma</b>	<b>Ddt</b>
<i>Solanum quitoense</i>	Coloración amarilla o morada en las hojas	52
<i>Solanum betaceum</i>	Engrosamiento de nudos del tallo	94
	Coloración amarilla o morada en las hojas	52
<i>Physalis peruviana</i>	Engrosamiento de nudos del tallo	94
	Tallos en zigzag	52
	Coloración amarilla o morada en las hojas	52

La Tabla 18 indica los días después del trasplante (ddt) en que aparecieron los síntomas de cada especie. Tanto la coloración amarilla o morada en las hojas y tallos en zigzag tuvieron una aparición temprana (52 ddt) en naranjilla, tomate de árbol y uvilla respectivamente. A diferencia de engrosamiento de nudos del tallo que su aparición fue a los 94 ddt.

Viera et al. (2022), en su estudio manifiesta la aparición de los síntomas de punta morada en plantas en capo abierto. Los síntomas fueron inspeccionados y evaluados mediante inspección visual, al igual que en el estudio. Donde determinó que, a los 12 meses después del trasplante se presentaron los síntomas en naranjilla y tomate de árbol. Mientras que, en uvilla los síntomas se hicieron visibles a partir de los 8 meses después del trasplante. Al igual que en el estudio, el cultivo que presentó más rápido sus síntomas fue uvilla seguido de naranjilla y tomate de árbol.

Según Brown et al. (2001), la expresión sintomática en enfermedades asociadas a fitoplasmas puede variar significativamente en función del estado fenológico de la planta y del tejido colonizado. De esta forma, los síntomas tempranos podrían estar relacionados con tejidos de rápido crecimiento y alta actividad metabólica, mientras que otros, como el engrosamiento de nudos, pueden estar ligados a procesos acumulativos o crónicos de la enfermedad. Esto sugiere que la aparición y desarrollo de la sintomatología (tardío o acelerado) dependerá de la latencia del patógeno en cada especie.

#### 4.8 Número de frutos de uvilla

El rendimiento de los cultivos es uno de los principales afectados tras la infección de Punta Morada. De tal manera, se evaluó la cantidad y calidad de los frutos de uvilla, debido a la obtención de sus frutos a lo largo del estudio. Diferente de naranjilla y tomate de árbol que al ser cultivos perennes no se obtuvieron durante la evaluación sus respectivos frutos.

**Tabla 19**

*Análisis de varianza para el número de frutos por planta de P. peruviana*

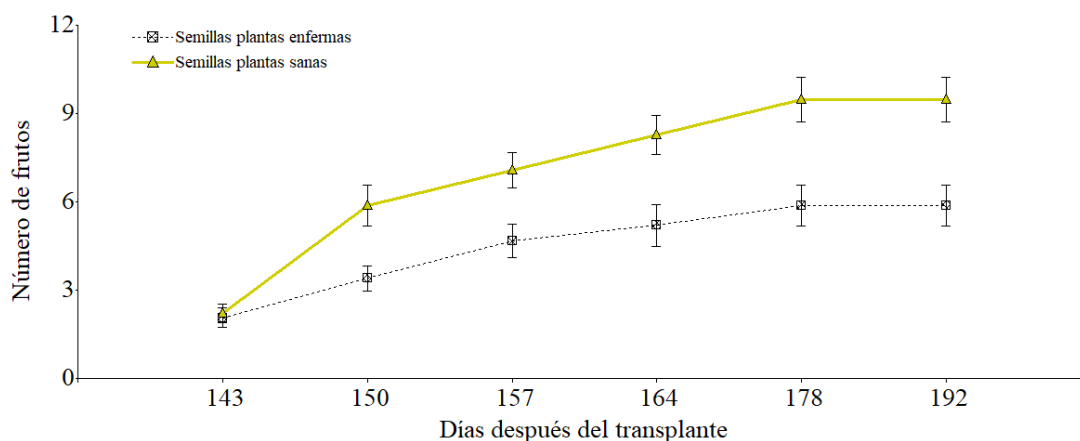
	GLFV	GLEEx	F-value	p-value
Ddt	5	154	54.06	<0.0001
Origen	1	154	50.45	<0.0001
ddt:Origen	5	154	5.47	0.0001

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

El análisis reveló diferencias significativas entre ddt y el origen de las semillas de plantas de uvilla ( $F = 5.47$ ;  $gl = 5, 154$ ;  $p = 0.0001$ ). Las plantas sanas produjeron más frutos que las enfermas, lo que sugiere una afectación directa del estado sanitario en el rendimiento reproductivo.

**Figura 36**

*Número de frutos de uvilla por planta*

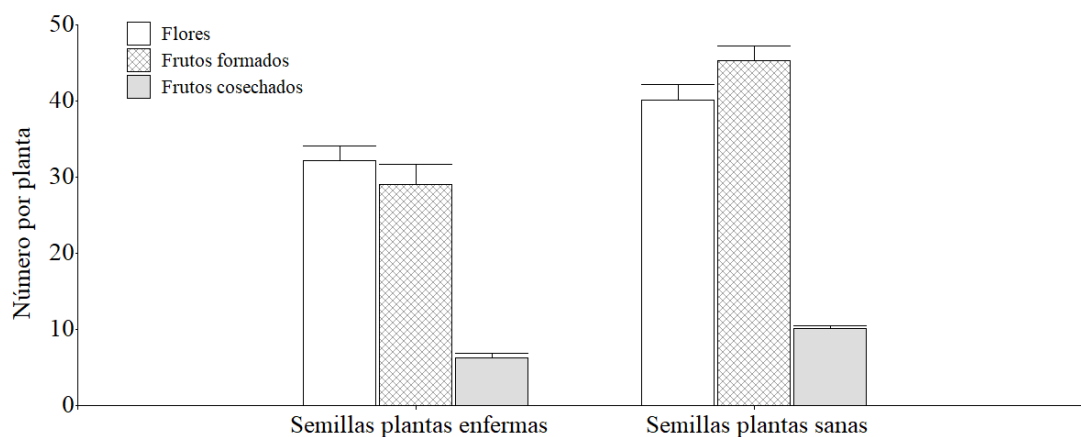


La Figura 36 representa la cantidad de frutos obtenida a lo largo de la etapa de producción de la uvilla. La diferencia entre número de frutos por planta es elevada, donde uvillas de semilla sana tuvo un promedio de 9.47 frutos por planta mientras que las de semilla enferma 5.87; es decir 3.6 frutos de diferencia por planta en los 192 ddt. Esta tendencia confirma el efecto progresivamente negativo de la enfermedad sobre el rendimiento acumulado. En este sentido,

los datos obtenidos refuerzan la importancia del uso de semillas sanas como estrategia fundamental para garantizar un rendimiento óptimo en términos tanto de cantidad como de calidad de producción.

**Figura 37**

*Comparación del número de flores, frutos formados y frutos cosechados por planta de uvilla*



La Figura 37 sintetiza de forma clara las diferencias en el desempeño reproductivo entre plantas sanas y enfermas de uvilla. Las plantas de uvilla pertenecientes a semilla sana superaron a las enfermas en todas las variables. En número de flores, las sanas obtuvieron un promedio de 40.14 y enfermas 32.14. Para frutos formados, 45.36 y 29.00 para sanas y enfermas por planta respectivamente. Finalmente, frutos cosechados tuvo un promedio de 10.14 para sanas y 6.29 para enfermas por planta.

En condiciones controladas, un estudio en México encontró que plantas con soluciones nutritivas óptimas alcanzaron entre 11.7 y 19.2 frutos por planta a los 120 días, mostrando una relación entre nutrientes y rendimiento (Aguilar et al., 2018). En comparación con la investigación, las plantas de origen sano superan ese rendimiento, lo cual confirma que las condiciones de cultivo y sanidad fueron favorables. Sin embargo, la infección en las plantas de semillas enfermas produjo una reducción significativamente en su capacidad productiva.

Fischer et al. (2005), menciona que el éxito reproductivo en *P. peruviana* depende en gran medida del estado sanitario de la planta, dado que la formación de estructuras reproductivas está altamente condicionada a la capacidad de absorción y transporte de nutrientes. Demostrando que el efecto de la enfermedad se manifiesta desde las primeras fases reproductivas hasta la etapa final del cultivo.

**Tabla 20**

*Comparación de la calidad y producción de frutos de uvilla entre plantas sanas y enfermas*

Origen	Cantidad de frutos	Peso total (g)	Rangos de tamaño polar y ecuatorial (mm)	
			Frutos grandes	Frutos pequeños
Sana	140	308.52	23.7 – 21.0	15.8 – 12.6
			21.3 – 19.1	13.2 – 11.1
Enferma	88	273.948	21.2 – 19.0	12.6 – 10.3
			19.3 – 17.4	8.7 – 7.1

La Tabla 20 indica la producción de frutos de uvilla obtenidos tanto de plantas de semillas sanas como enfermas. Las plantas sanas produjeron más frutos, mayor peso total y mejor tamaño que las enfermas. En el estudio realizado por Fischer et al. (2005), obtuvieron un promedio de 21.71 mm/fruto y 21.01 mm/fruto para diámetro ecuatorial y polar respectivamente, en condiciones de invernadero. Así, los resultados obtenidos en los frutos grandes de semillas sanas se encuentran dentro de los rangos óptimos. Que a diferencia de los de semilla enferma ni frutos grandes como pequeños entran el rango.

Del total de frutos, es importante tomar en cuenta que ninguno de estos ya sean proveniente de semillas sanas o enfermas presentaron deformidades visibles, pues todos presentaron la forma ovoide común de la uvilla. En cultivos frutales andinos como la uvilla, las enfermedades pueden no manifestarse visualmente en el fruto, pero sí deteriorar sus atributos internos y comerciales (Moreno et al., 2011). Estos datos reflejan que, además de afectar la cantidad, la enfermedad también compromete la calidad del fruto, lo cual representa una pérdida económica para el productor (Figura 38). En consecuencia, el uso de semillas sanas no solo asegura una mayor producción y calidad, sino garantiza la competitividad del cultivo en mercados exigentes.

**Figura 38**

*Frutos de uvilla de semillas de origen sano (izquierda) y frutos de uvilla de semillas de origen enfermo (derecha)*



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Las plantas de naranjilla, tomate de árbol y uvilla provenientes de semillas enfermas presentaron síntomas visibles de Punta Morada. Lo que evidencia que el patógeno puede estar presente desde la fase de germinación y comprometer el cultivo desde etapas tempranas.

En el estudio, el material vegetal de origen sano presentó bajos porcentajes de germinación en naranjilla y tomate de árbol. A excepción de uvilla que tuvo un 97% de germinación. Por otro lado, en los tres cultivos provenientes de semillas enfermas la germinación fue mayor al 70% con una brotación tardía.

Con respecto a los cambios físicos de las plantas después de su trasplante, los tres cultivos provenientes de semillas sanas presentaron mejores características fisiológicas que los de semillas enfermas. En altura, la diferencia de crecimiento fue de 14 cm – 17 cm, siendo la más predominante naranjilla. También, al final de la evaluación con relación al número de hojas y flores, las plantas de uvilla alcanzaron un aproximado de 11 hojas y 4 flores más.

Por otra parte, las plantas con mayor índice de mortalidad son las de origen enfermo. Donde tomate de árbol presentó mayor porcentaje (20%), seguido de uvilla y tomate riñón (13%). Además, en este grupo se registraron altos porcentajes de infección llegando hasta un 100% en el caso de tomate de árbol. Al contrario, las plantas de los tres cultivos originarios de semillas sanas no presentaron sintomatología alguna. Entre los síntomas más frecuentes en plantas infectadas están coloración amarilla o morada en hojas, tallos en zigzag y engrosamiento de nudos.

En cuanto al rendimiento, en uvilla de origen sano se evidenció mayor cantidad y calidad de frutos. El total de frutos de semillas sana supera con un 37% al de semillas enfermas. Además, los frutos de material vegetal sano presentan la forma ovoide ideal y el tamaño óptimo (grandes) para la comercialización en el mercado.

Así, los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis alternativa, que sostiene que las semillas originarias de plantas enfermas son inóculo de transmisión de Punta Morada en naranjilla, tomate de árbol y uvilla bajo condiciones de invernadero. La aparición de síntomas en las plantas desarrolladas, junto con los porcentajes elevados de infección (hasta el 100% en algunas especies), confirman la transmisión del patógeno a través del material vegetal.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar estudios de desarrollo en diferentes ciclos fenológicos, especialmente en cultivos perennes. Los resultados obtenidos se limitan a una única etapa de desarrollo de las plantas (vivero y vegetativa), considerando que naranjilla y tomate de árbol son cultivos perennes. Esto permitiría determinar si la enfermedad se mantiene latente, y si afecta el rendimiento y longevidad del cultivo.

Además, se sugiere realizar estudios de transmisión de semillas en otros tipos de solanáceas. Estudios comparativos entre especies podrían mostrar patrones de susceptibilidad, rutas de infección y particularidades fisiológicas que permitan desarrollar estrategias de prevención más específicas y efectivas para cada cultivo.

## REFERENCIAS

- Acosta, P., Riofrío, T., Rojas, J., Vilanova, S., Plazas, M., Prohens, J. (2016). Phenological growth stages of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH scales. *Scientia Horticulturae*, (199), 216-223. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.045>
- Aguilar-Carpio, Cid, Juárez-López, Porfirio, Campos-Aguilar, Irving H., Alia-Tejacal, Irán, Sandoval-Villa, Manuel, & López-Martínez, Víctor. (2018). Análisis del crecimiento y rendimiento de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada hidropónicamente en condiciones de invernadero. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 24 (3), 191-202. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.07.024>
- Ante, M. (2009). *Estudio de la fenología del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en la vereda de la Rejoya, Municipio de Popayán, Cauca* [Tesis de grado, Universidad del Cauca]. Archivo digital. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/733/>
- Arriagada, V. (2000). Semillas – Inspección, análisis, tratamiento y legislación. IICA. <http://repiica.iica.int/docs/bv/agrin/b/f03/XL2000600205.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2009). *Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (LORSA)*. Registro Oficial Suplemento No. 583. <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-04/LEY%20ORG%20DEL%20R%20GIMEN%20DE%20LA%20SOBERAN%20ALIMENTARIA%20-%20LORSA.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento No. 983. <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento Ley%20Org%20Alnica%20de%20Sanidad%20Agropecuaria.pdf>
- Bharty, S. K., Dwivedi, D. H., Ram, R. B., & Lata, R. (2022). Effect of different dates of planting and genotypes on vegetative growth and yield characters of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) under Lucknow conditions. *The Pharma Journal*, 11(12), 1162–1169. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue12/PartL/11-12-18-674.pdf>
- Brito, B., Espín, S., Villacrés, E., Vaillant, F., Medina, G. y Badillo, F. (2008). Uvilla (*Physalis peruviana* L.). Características físicas y nutricionales de la fruta importantes en la investigación y elaboración de pulpas, jugos, concentrados y postres. Quito, Ecuador:

- INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad. (Plegable no. 294).
- Brown, J. K., Frohlich, D. R., & Rosell, R. C. (2001). *The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of Bemisia tabaci or a species complex*. Annual Review of Entomology, 46(1), 431–458. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.43>
- Buono, S., Aguirre, C., Abdo, G., Perondi, M., y Ansonnaud, G. (2018). Tomate de árbol. IICA. [https://www.procisur.org.uy/adjuntos/01e8c39fb854\\_e-arbol-PROCISUR.pdf](https://www.procisur.org.uy/adjuntos/01e8c39fb854_e-arbol-PROCISUR.pdf)
- Caicedo, D., Simbaña, L. L., Calderón, D. A., Lalangui, K. P., & Rivera-Vargas, L. I. (2020). First report of “Candidatus Liberibacter solanacearum” in Ecuador and in South America. *Australasian Plant Disease Notes*, 15(1), 6. [10.5197/j.2044-0588.2020.041.030](https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2020.041.030)
- Caicedo, J., M. Crizón, A. Pozo, A. Cevallos, L. Simbaña, L. Rivera, & V. Arahana. (2015). First report of ‘Candidatus Phytoplasma aurantifolia’ (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel, Carchi, Ecuador. *New Dis. Reports*, 32. [10.5197/j.2044-0588.2015.032.020](https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2015.032.020)
- Camarena Gutiérrez, G., & De La Torre Almaraz, R. (2008). Fitoplasmas: síntomas y características moleculares. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14 (2), 81-87.
- Carminati, G., Brusa, V., Loschi, A., Ermacora, P., & Martini, M. (2021). Spatiotemporal and quantitative monitoring of the fate of ‘Candidatus Phytoplasma Solani’ in tomato plants infected by grafting. *Pathogens*, 10(7), 811. <https://doi.org/10.3390/pathogens10070811>
- Castillo, C., Paltrinieri, S., Bustamante, J., Bertaccini, A. (2018). Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador. *Australasian Plant Pathology*, 47, 311-315. [10.1007/s13313-018-0557-9](https://doi.org/10.1007/s13313-018-0557-9)
- Castillo, C. (2019). Punta morada de papa en Ecuador, actualidad. Memorias del VIII Congreso Ecuatoriano de la Papa, Ambato, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5346/1/iniapsc382a.pdf>
- Castillo, C., Llumiquinga, P. (2021). Manual para reconocer e identificar al psílido de la papa (*Bactericera cockerelli* Šulc), en campo y laboratorio. Manual técnico No. 121. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 40 p

- Castro, J. (2014). *Fenología y crecimiento del tomate de árbol (Solanum betaceum (Cav.) Sendt), cultivado con coberturas plásticas en el suelo* [Tesis de grado, Universidad de Nariño]. Archivo digital. <https://sired.udenar.edu.co/3291/1/90244.pdf>
- Chulde, P. (2019). *Determinación de las fechas de siembra al temporal para los cultivos de fréjol, maíz y papa en San Gabriel – Carchi*. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6f6e49bb-31b2-4650-878d-df4829214b3a/content>
- Crosslin, JM, Hamlin, LL, Buchman, JL, Munyaneza, JE. (2011). Transmisión del fitoplasma de la punta morada de la papa a los tubérculos y plantas hijas de la papa. *Soy. J. Pot Res* 88, 339–345
- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., Castillo, C. (2018). Guía de manejo de la punta morada de la papa. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP.
- Cuesta X., Peñaherrera D., Velásquez J., Racines M., Castillo C. (2021) Guía de manejo de la punta morada de la papa. Segunda edición. Manual técnico No. 104. Quito (Ecuador). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 20 p.
- Cuevas Reyes, L. (2018). *Taxonomía de la familia Solanaceae en el municipio de Coacoatzintla, Veracruz, México* [Tesis, Universidad Veracruzana]. [https://www.uv.mx/iib/files/2018/05/LCR\\_Tesis\\_Solanaceae.pdf](https://www.uv.mx/iib/files/2018/05/LCR_Tesis_Solanaceae.pdf)
- Darabakula, M., Mateeti, ST, Pacini, F., Bertaccini, A. y Contaldo, N. (2024). Detección de fitoplasma asociado a hojas pequeñas de berenjena en plántulas bajo condiciones de protección contra insectos. *Revista Internacional de Biología Vegetal* , 15 (2), 217-229. <https://doi.org/10.3390/ijpb15020018>
- de Freitas, EM, Gomes, CN, da Silva, LJ y da Cunha, FF (2024). Comportamiento de la germinación de semillas de *Physalis peruviana* L. en condiciones de estrés térmico y hídrico. *Agronomía* , 14 (6), 1213. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061213>
- Delgado-Ortiz, Juan Carlos, Beltrán-Beache, Mariana, Cerna-Chávez, Ernesto, Aguirre-Uribe, Luis Alberto, Landero-Flores, Jerónimo, Rodríguez-Pagaza, Yolanda, & Ochoa-Fuentes, Yisa María. (2019). *Candidatus Liberibacter solanacearum* patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 22, e177. Epub 04 de marzo de 2020. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.177>

- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]. (2023). *Producción de tomate de árbol y tomate riñón, año 2022*. INEC. <https://app.powerbi.com/view>
- Espinoza, J. (2020). Evaluación de tres estrategias de manejo de Punta Morada de la Papa en dos categorías de semilla en Tumbaco Pichincha [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/40d40f02-25f8-47e4-accb-e63f11061b05/content>
- FAO. (2021). *Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/plant-production-protection/in-action/governance-and-normative-work/ippc/es>
- Ferreira, J., Alves, C., Franco, F., Fariña, A., Watanabe, E., & Bedendo, I.P. (2022). Phytoplasma of 16SrVII-B subgroup associated to shoot proliferation in *Physalis peruviana* plants. *Plant Pathology. Scientia agricola. (Piracicaba, Braz.)* 79 (5). <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0277>
- Fischer, Gerhard & Miranda, Diego & Piedrahita, Wilson & Romero, Jorge. (2005). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia.
- Flores, D., Amaral Mello, A. P. O., Pereira, T. B. C., Rezende, J. A. M., & Bedendo, I. P. (2015). A novel subgroup 16SrVII-D phytoplasma identified in association with *Erigeron* witches' broom. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 65(8), 2761–2765. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.000274>
- Fundación Humana Pueblo a Pueblo Ecuador. (2019). Manual de cultivo de uvilla (*Physalis peruviana* L.). Tungurahua, Ecuador. [https://humana-ecuador.org/wp-content/uploads/2021/09/Manual-de-Uvilla\\_Final.pdf](https://humana-ecuador.org/wp-content/uploads/2021/09/Manual-de-Uvilla_Final.pdf)
- Galindo-Tovar, M. E., Arzuza-Sabogal, A., & Osorio, N. W. (2008). *Physalis peruviana* L.: Cultivo, poscosecha y exportación. *Revista Acta Agronómica*, 57(4), 297–307.
- Gardenate. (2019). *Growing Cape Gooseberry (Physalis peruviana)*. Recuperado de <https://plantura.garden/uk/fruits/physalis/physalis-overview>
- Gil, R. (1990). Transmisión de enfermedades por las semillas de hortalizas su prevención. Núm. 6/90. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1990\\_06.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1990_06.pdf)
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2011). *Plant Propagation: Principles and Practices* (8<sup>a</sup> ed.). Pearson. [https://www.academia.edu/123459859/Hartmann\\_and\\_Kesters\\_Plant\\_Propagation\\_Principles\\_and\\_Practices](https://www.academia.edu/123459859/Hartmann_and_Kesters_Plant_Propagation_Principles_and_Practices)

- Hernández-García, V., Salas-Marina, M. A., Frías-Treviño, G. A., Aguirre-Uribe, L.A., Flores-Olivas, A., Almeyda-León, I.H. (2018). Importancia de la Semilla-Tubérculo y la Arvensis *Lycium berlandieri* (Dunal) para la Epidemia de Punta Morada/Zebra Chip de la Papa. *Bio-Ciencias*, 5. <https://doi.org/10.15741/revbio.05.nesp.e442>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2021). *Boletín Técnico presentación Módulo de Información Agroambiental y Tecnificación 2020*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Modulo\\_Ambiental\\_ESPAC\\_2020/DOC\\_TEC\\_MOD\\_A\\_MB-2020\\_08\\_19\\_4.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Modulo_Ambiental_ESPAC_2020/DOC_TEC_MOD_A_MB-2020_08_19_4.pdf)
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (1973). Más rendimiento con semilla certificada. Quito, Ecuador. Plegable no. 29. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1067/1/iniapscpl29m.pdf>
- Kirdat, K., Tiwarekar, B., Swetha, P., Padma, S., Thorat, V., Manjula, K. N., Kavya, N., Sundararaj, R., & Yadav, A. (2022). Nested Real-Time PCR Assessment of Vertical Transmission of Sandalwood Spike Phytoplasma ('*Ca. Phytoplasma asteris*'). *Biology*, 11(10), 1494. <https://doi.org/10.3390/biology11101494>
- Lee, I. M., Davis, R. E., & Gundersen-Rindal, D. E. (2000). Phytoplasma: Phytopathogenic mollicutes. *Annual Review of Microbiology*, 54, 221–255. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.54.1.221>
- León, J., Viteri P. y Cevallos, G. (2004). Manual del cultivo de tomate de árbol. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Fruticultura. (Manual Técnico no.61).
- León-Yáñez, S., R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa-Ulloa & H. Navarrete (eds.). (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Long, J. (2001). Una semblanza de las Solanaceae. *Dialnet*, 1, 18-24. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5294491.pdf>
- Martínez, S. (2017). *Climatología y Fenología Agrícola*. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/52763/mod\\_resource/content/3/11-2%20-%20Fenologia%20agricola.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/52763/mod_resource/content/3/11-2%20-%20Fenologia%20agricola.pdf)
- Montoya-Villafañe, H. (2016). Taxonomía: clasificación de los seres vivos. *Revista Facultad De Odontología Universidad De Antioquia*, 8 (2), 29–33. <https://doi.org/10.17533/udea.rfo.326478>

- Moreno, J. J., Fischer, G., & Chacón, M. I. (2011). Efecto del origen del propágulo en el crecimiento y producción de uchuva (*Physalis peruviana L.*) en Tunja, Boyacá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(1), 79–90. <https://doi.org/10.17584/rcch.2011v5i1.1073>
- Muñíz, R., Ramos, C, (2015). 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 la región del OIRSA. San Salvador, El Salvador. <https://www.oirsa.org/contenido/Manual%20Bactericera%20Cockerelli%20version%201.3.pdf>
- Noales, E. M., Martínez, M. L., Cuesta, M. C. M., Siverio, F., & Vidal, S. S. (2016). Candidatus *Liberibacter solanacearum* en zanahoria y otras apiáceas y riesgo para solanáceas. Estrategias de control. *Tierras De Castilla Y León: Agricultura*, 236, 102–109. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5551370>
- Nthiga, E. (2017). Tree Tomato farming guide. <https://es.scribd.com/document/716322406/Tree-Tomato-farming-guide>
- Olaniyan, O., Rodríguez-Gasol, N., Cayla, N., Michaud, E., & Wratten, S. D. (2020). *Bactericera cockerelli* (Sulc), a potential threat to China's potato industry. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2), 338–349. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(19\)62754-1](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(19)62754-1)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). *Producción/Rendimiento de Ajíes y pimientos, verdes (capsicum y pimenta) en Ecuador, 2021*. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Pérez, W., Castillo, C., Navarrete, I., Gamarra, H., Arango, E., Naccha, J. y Andrade-Piedra, JL. (2021). Cartilla para la identificación de síntomas de la punta morada de la papa. Serie: Plagas emergentes del cultivo de papa en Latinoamérica. Material de capacitación 3. Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). Lima, Perú
- Revelo, M., Viteri P., Vásquez C., Valverde, F., León J. y Gallegos, D. (2010). Manual del cultivo ecológico de la naranjilla (pp. 23-39). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Fruticultura. (Manual Técnico no. 77).

- Sinclair, W. A., & Griffiths, H. M. (1994). Ash yellows and its relationship to dieback and decline of ash. *Annual Review of Phytopathology*, 32, 49–60. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.32.090194.000405>
- Torres, M., López, L., De la Cruz, G. y Silva, S. (2013). Solanáceas Mexicanas: Una Fuente de Nuevos Agentes Farmacológicos. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(10), 27 – 32. <http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/articulos/AQM10/3%20solanaceas.pdf>
- TORRES-GONZÁLEZ, ALBA. (2019). *Seed dormancy and germination in tree tomato (Solanum betaceum Cav.) and lulo (Solanum quitoense Lam.)*. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 13. 336-347. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2019v13i3.10130>
- Valverde, F., Espinosa, J., y Bastidas, F. (2010). Manejo de la nutrición del cultivo de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) en las zonas de producción de la Región amazónica y Noroccidente de Pichincha. En XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo (pp. 1-10). Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo/UTE.
- Viera, W., Viteri, P., Martínez, A., Castillo, C., Peñaherrera, D. (2021). Guía para el conocimiento de la punta morada del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Boletín No 449. INIAP: Quito, Ecuador. 23p
- Viera, W., Viteri, P., Cedeño, D., Garrido, A., Pachacama, S., Gallo, M. (2022). Symptomatology associated with “Purple top”, an emerging disease of solanaceous fruit species. *Crop Production, Revista Ceres*, 69 (6). <https://doi.org/10.1590/0034-737X202269060008>
- Villacís, F. (2014). *Estudio del efecto de un recubrimiento comestible y su incidencia en el tiempo de vida útil de la uvilla (Physalis peruviana L.)* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8425/1/AL%20535.pdf>
- Zambrano, R. (2011). *Estudio de factibilidad para la producción y exportación del tomate de árbol del cantón el chaco hacia España* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1400>