

## Evaluación del porcentaje de transmisión de (*Candidatus Liberibacter Solanacearum*) en tubérculos-semilla de papa (*Solanum Tuberosum*)

*Evaluation of the transmission percentage of (*Candidatus Liberibacter Solanacearum*), in potato seed tubers (*Solanum Tuberosum*)*

- 1 Marco Andrés Araujo Jaramillo  <https://orcid.org/0009-0007-9106-4999>  
Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Latacunga, Ecuador.  
Maestría en Sanidad Vegetal  
[marco.araujo6569@utc.edu.ec](mailto:marco.araujo6569@utc.edu.ec)
- 2 Cristian Santiago Jiménez Jácome  <https://orcid.org/0000-0003-0376-8982>  
Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Latacunga, Ecuador.  
[cristian.jimenez@utc.edu.ec](mailto:cristian.jimenez@utc.edu.ec)
- 3 Hugo Xavier Cuesta Subía  <https://orcid.org/0000-0003-0563-5120>  
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Pichincha, Ecuador.  
[xavier.cuesta@iniap.gob.ec](mailto:xavier.cuesta@iniap.gob.ec)
- 4 José Sergio Velásquez Carrera  <https://orcid.org/0009-0009-6714-6104>  
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Pichincha, Ecuador.  
[jose.velasquez@iniap.gob.ec](mailto:jose.velasquez@iniap.gob.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/03/2025

Revisado: 13/04/2025

Aceptado: 14/05/2025

Publicado: 27/06/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i2.3445>

Cítese:

Araujo Jaramillo, M. A., Jiménez Jácome, C. S., Cuesta Subía, H. X., & Velásquez Carrera, J. S. (2025). Evaluación del porcentaje de transmisión de (*Candidatus Liberibacter Solanacearum*) en tubérculos-semilla de papa (*Solanum Tuberosum*). *ConcienciaDigital*, 8(2), 89-107. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i2.3445>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 Internacional. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

Rendimiento,  
pardeamiento,  
escala, brotación,  
sanidad

**Resumen**

**Introducción:** La Punta Morada de la Papa (PMP) es una de las enfermedades más graves que afectan al cultivo de la papa en diversos países de América y del mundo; *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) es el agente causal de esta enfermedad que en los últimos años en el Ecuador ha sido causante de importantes pérdidas económicas. El manejo de la PMP está enfocado en el control del insecto vector *Bactericera cockerelli* a través de la aplicación periódica de insecticidas. Sin embargo, el uso de semilla proveniente de plantas enfermas puede también ser causante de la diseminación de la enfermedad. **Objetivos:** este estudio complementa las investigaciones que buscan establecer el porcentaje de transmisión de la enfermedad a través del uso de tubérculos-semilla provenientes de plantas con diferente sintomatología, causadas por CaLso en el cultivo de papa variedad Superchola. **Metodología:** se evaluó la transmisión de CaLso mediante la siembra de tubérculos-semilla provenientes de plantas con diferente sintomatología bajo condiciones controladas. Las plantas emergidas de estas semillas, fueron monitoreadas para detectar síntomas, recolectando muestras para ser analizadas mediante pruebas PCR. Los resultados permitieron estimar el porcentaje de transmisión a partir de tubérculos-semilla. La metodología aplicada, ayudó a determinar la viabilidad del patógeno en el material vegetativo y su potencial para establecer infecciones en una nueva generación de plantas. **Resultados:** de esta manera se encontró que el porcentaje de transmisión fue del 11.07% cuando se utiliza como semilla a los tubérculos provenientes de plantas con síntomas severos y si se utiliza semilla libre de la enfermedad, la transmisión es del 0.06 %. **Conclusiones:** se logró determinar una escala fenotípica según el grado de infección de la enfermedad en plantas progenitoras. **Área de estudio general:** Agronomía. **Área de estudio específica:** Sanidad Vegetal. **Tipo de artículo:** original.

**Keywords:**

Yield, browning,  
scale, sprouting,  
health

**Abstract**

Potato purple top (PMP) is one of the most serious diseases affecting the potato crop in several countries of the Americas and the world; *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) is the causal agent of this disease, which in recent years in Ecuador has caused significant economic losses. The management of PMP is focused on the control of the insect vector *Bactericera cockerelli* through the periodic

application of insecticides. However, the use of seed from diseased plants can also cause the spread of the disease. This study complements the research that seeks to establish the percentage of disease transmission using seed tubers from plants with different symptomatology caused by CaLso in the potato variety Superchola. Thus, it was found that the percentage of transmission was 11.07% when tubers from plants with severe symptoms were used as seed, and if seed free of the disease was used, transmission was 0.06%. At the same time, a phenotypic scale was determined according to the degree of infection of the disease in parent plants.

## 1. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es un tubérculo originario de los Andes de Sudamérica, llevado a diferentes partes del mundo a partir de la conquista en los años 1500 (Cabieses et al., 2006). La papa ocupa el cuarto lugar en el mundo en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz (Food and Agriculture Organization [FAO], 2025).

El sector agropecuario ecuatoriano ha aportado con aproximadamente el 8 % del PIB en los últimos años (Banco Central del Ecuador, 2022), dentro de estas cifras, se ubica el cultivo de la papa, constituyéndose en un producto básico y primordial en la dieta de la población ecuatoriana. Este cultivo mantiene una fuerte conexión con el sector rural, en la que los pequeños productores, no logran tecnificar sus sistemas de producción y las áreas de siembra son muy escasas, generando focos de infección por lotes contaminados. A su vez, este sector se enfrenta a un mercado con grandes cadenas de intermediación donde los precios son muy variables (Basantes et al., 2020).

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2023) el Ecuador ocupa una superficie aproximada de 12.215.965 ha, de las cuales 812 294 ha corresponden a cultivos transitorios y barbecho, de esta cantidad, 19 836 ha han sido sembradas con el cultivo de papa, con un rendimiento aproximado de 14 Tm ha<sup>-1</sup>. De esta manera, y tomando en cuenta cifras de años pasados, es evidente que existe una notable disminución de la superficie provocando rendimientos bajos que no demuestran todo el potencial que tiene el cultivo.

El tubérculo-semilla de papa es uno de los insumos más importantes en una explotación agrícola tecnificada, y que, en nuestro país, proviene principalmente del sistema convencional con la participación de instituciones público-privadas en procesos de investigación, multiplicación de semillas y generación de tecnología. Por otra parte, existe el sistema no convencional, en el que está enfocado a la reutilización, intercambio y

comercialización de semilla local del agricultor, en la que en muchas ocasiones recae en la degeneración de la semilla disminuyendo progresivamente el rendimiento y calidad, que se agudiza más a lo largo de sucesivos ciclos de propagación vegetativa y la utilización de semilla propia o de mercados locales sin renovación (Velásquez et al., 2022).

La Punta Morada de la Papa (PMP) es considerada en Estados Unidos, México y Centroamérica como una de las principales enfermedades que mayor daño provocan al cultivo de la papa. Se estima que los daños causados por esta enfermedad pueden alcanzar pérdidas de hasta el 100% (Cuesta et al., 2021).

En el Ecuador en el año 2013 se tiene el primer reporte de la presencia de PMP en zonas productoras de papa, registrando a la provincia del Carchi con pérdidas de hasta el 50 % de su producción y en el 2018, empiezan a existir daños en las provincias de Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, estimando pérdidas de hasta el 100% (INIAP, 2018). Se han identificado a dos agentes causales; fitoplasmas (*Candidatus* fitoplasma aurantifolia) perteneciente al grupo 16SrII (Caicedo et al., 2015) y al subgrupo 16SrIF (Castillo et al., 2018) y por bacteria (*Candidatus* Liberibacter Solanacearum) (CaLso) reportada como positivo para el Haplotipo A de CaLso en el año 2020 por Caicedo et al. (2020). Cabe recalcar que *Bactericera cockerelli* (Sulc), vector asociado con CaLso, fue reportado por primera vez en el Ecuador en el año 2018 por (Castillo et al., 2019).

La sintomatología de PMP se caracteriza por presentar enanismo, enrollamiento y achaparramiento de las hojas superiores que se tornan amarillas o moradas, engrosamiento de los nudos y entre nudos del tallo, formación de tubérculos aéreos, y muerte temprana de la planta con una disminución significativa del rendimiento (Cadena-Hinojosa et al., 2003; Munyaneza et al., 2007; Henne et al., 2010; Pitman et al., 2011; Bujanos & Ramos, 2015; Cuesta et al., 2021; Trkulja et al., 2023). Los tubérculos que provienen de plantas con síntomas de PMP provocan el manchado o pardeamiento oscuro interno de la pulpa, que se atribuye a la necrosis del tejido vascular. Rubio et al. (2013) y Trkulja et al. (2023) mencionan que generalmente los tubérculos infectados no brotan, y si lo hacen sus brotes son muy delgados en forma de hilos, mismos que, al momento de freírlos, forman estrías de color oscuro, denominando a la enfermedad como “Zebra Chip”.

La transmisión de CaLso está dirigida principalmente a plantas de la familia de las solanáceas a través de insectos que pertenecen a los psílidos, los cuales se alimentan de la savia de la planta en floema (Díaz et al., 2021). Los psílidos permiten que las bacterias se transmitan en el campo de una planta a otra, así como a nuevos huéspedes y a nuevas áreas geográficas. Aunque los psílidos (*Hemiptera*, *Psylloidea*) también se

alimentan de la savia de la planta del xilema, la savia del floema es extremadamente importante para la finalización de su ciclo de vida (Trkulja et al., 2023).

Actualmente, para el manejo de la PMP, es necesaria la aplicación de insecticidas que controlen al vector *B. cockerelli*, insecto asociado en la transmisión de los síntomas de PMP. Sin embargo, esta no es la única manera para la transmisión de la enfermedad, puesto que, el uso de semilla de mala calidad también puede ser el causante de la diseminación de la enfermedad. Los síntomas en la planta infectada de CaLso a partir del vector normalmente no aparecen hasta después de la floración, mientras que las plantas infectadas por tubérculos- semilla aparecen poco después de la emergencia (Henne et al., 2010).

El presente estudio tuvo como principal objetivo, determinar el porcentaje de transmisión de PMP a través de tubérculo-semilla proveniente de plantas con diferente sintomatología de la enfermedad, evaluando su efecto en el número y peso de tubérculos, brotación y rendimiento. Gracias a este estudio, se propone una escala fenotípica según el grado de infección de la enfermedad, permitiendo la identificación y monitoreo en campo de plantas enfermas y su transmisibilidad a su siguiente generación, conociendo lo difícil y costoso que es un diagnóstico genético.

## 2. Metodología

La hipótesis para analizar en el presente estudio es: el porcentaje de transmisión de *Candidatus Liberibacter solanacearum* desde tubérculos-semilla, esta correlacionada con la sintomatología de la planta progenitora.

### 2.1. Área de estudio

El presente estudio se desarrolló bajo condiciones de invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia de Cutuglagua, a una altitud de 3 058 metros, con una temperatura promedio de 18°C y una Humedad Relativa de 75%.

### 2.2. Diseño experimental

El área total del experimento fue de 187 m<sup>2</sup>. Los tratamientos se implementaron bajo un diseño completamente al azar con 5 observaciones. La unidad experimental estuvo constituida por una cama de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0 m x 1,2 m) en la cual se sembraron 8 plantas, separadas a (0,70 m x 0,60 m) ocupando cada planta 0,42 m<sup>2</sup>. Se obtuvieron un total de 20 unidades experimentales.

### 2.3. Factores en estudio

Los factores en estudio son los tubérculos semilla de papa variedad Superchola provenientes de plantas con diferentes síntomas de punta morada. Para lo cual se trabajó con 4 tratamientos según el grado de infección: semillas provenientes de plantas con síntomas severos, intermedios, leves y sin síntomas de PMP.

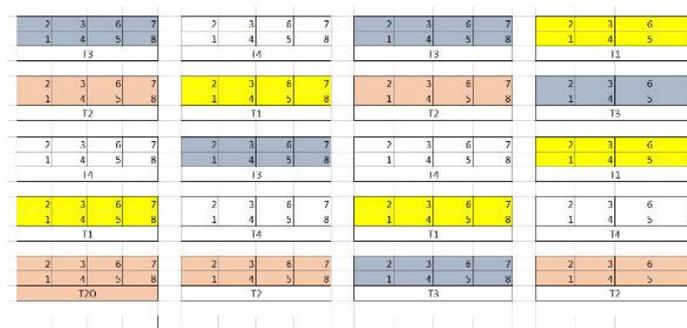
### 2.4. Diseño del ensayo

El área total del experimento fue de 187 m<sup>2</sup>. Los tratamientos se implementaron bajo un diseño completamente al azar con 5 observaciones, como se observa en la **tabla 1**. La unidad experimental estuvo constituida por una cama de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0 m x 1,2 m) en la cual se sembraron 8 plantas, separadas a (0,70 m x 0,60 m) ocupando cada planta 0,42 m<sup>2</sup>. Se obtuvieron un total de 20 unidades experimentales.

Previo al análisis de datos, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilks y la prueba de Levene para determinar la normalidad y homogeneidad de varianzas, respectivamente. Al no ajustarse bajo la curva de la normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al 5 %. Para la a separación de los promedios de los tratamientos se realizó por pares con la prueba U Mann Whitney. Para el análisis estadístico se utilizó el programa InfoStat® versión Profesional 2018 (Di Rienzo et al., 2011).

**Tabla 1**

*Esquema del diseño*



### 2.5. Manejo específico del ensayo

El sustrato estuvo conformado por una mezcla de suelo negro de páramo, piedra pómez fina y compost en una proporción de 2:1:1. La desinfección se realizó por solarización y una mezcla de fungicidas que esterilicen el sustrato. Para la siembra previamente, se realizó una clasificación de los tubérculos-semilla provenientes de plantas con diferente sintomatología, para luego ser sembrados al azar de acuerdo con el diseño experimental. La recomendación de fertilización se la determinó en base al análisis de suelo y al

requerimiento del cultivo (Velásquez et al., 2022). El monitoreo en campo se enfocó en la identificación del insecto vector utilizando trampas amarillas en medio de las camas. Los controles fitosanitarios fueron dirigidos en la prevención al ataque del insecto vector, realizando aplicaciones semanales de insecticidas, de acuerdo al estado fenológico y la rotación de productos, para evitar generar resistencia (Cuesta et al., 2021). Para el manejo del tizón tardío y enfermedades fúngicas, se utilizó la estrategia de manejo integrado del INIAP basada en productos protectantes y sistémicos de acuerdo a la presencia de síntomas de la enfermedad (Araujo et al., 2021). La cosecha se la realizó de forma manual a los 160 días después de la siembra. Posteriormente, los tubérculos se seleccionaron y clasificaron en grupos de acuerdo con su peso y su tamaño.

### 2.6. Variables en estudio

**Número de tubérculos por planta:** se cuantificó el número total de tubérculos por cada planta para cada tratamiento, mismos que se depositaron en una malla con su respectiva etiqueta.

**Peso de tubérculos por planta:** mediante una balanza digital se pesaron todos los tubérculos obtenidos de cada planta para cada tratamiento, el registro se lo realizó en una tabla de Excel y el resultado se expresó en g/planta.

**Número de tubérculos brotados y no brotados:** a los tubérculos previamente cuantificados y pesados se los sometió a un periodo de brotación, los cuales fueron colocados en recipientes plásticos abiertos (jabas) a una temperatura de 12 °C y una humedad relativa de 75 % durante 75 días, permitiendo producir el verdeamiento mediante una exposición de luz difusa y promover así una brotación múltiple (Velásquez et al., 2022). La brotación verde, fuerte y vigorosa de aproximadamente 1 cm, es el mejor indicador de la sanidad de un tubérculo-semilla de papa, en tanto que una brotación ahilada o ausencia de brotes, son indicativo de tubérculos con una posible infección (Araujo et al., 2021; Velásquez et al., 2022).

**Rendimiento:** se realizó la cosecha de cada tratamiento y observación. Los tubérculos obtenidos se clasificaron por categorías y el registro se expresó en kg por categoría y por planta (Cuesta et al., 2015).

**Porcentaje de transmisión de CaLso:** se utilizó el siguiente cálculo:

$$\% \text{ Transmisión} = \frac{\# \text{ tubérculos NO brotados}}{\# \text{ total de tubérculos}} * 100 \quad (1)$$

Para este cálculo se utilizaron los valores obtenidos en las 160 plantas evaluadas en el sitio experimental.

Para efecto de determinar la presencia o ausencia de CaLso, se extrajo una muestra compuesta de 1kg (20 tubérculos aprox.) para el lote de tubérculos brotados y otra muestra de igual proporción para el lote de tubérculos no brotados. Este muestreo se adaptó a la normativa descrita por el laboratorio de AGROCALIDAD, en cuanto a la cantidad de muestra mínima que se requiere para el análisis mediante pruebas de PCR (metodología PEE/BM/75) que es de 1kg; no así para el muestreo por lote de semillas, en el que se establece que la extracción debe ser de 20 muestras por cada tonelada (Velásquez et al., 2022).

### 3. Resultados

La sintomatología expresada a través de las plantas progenitoras sirvió de base para establecer una escala fenotípica y de la cual se puede corroborar con los resultados expresados en el estudio para determinar el grado de infección de las plantas. La propuesta de escala fenotípica se detalla en la **Tabla 2**.

**Tabla 2**

*Estado y características fenotípicas de plantas progenitoras*

Síntomas	Escala	Consideraciones Fenotípicas
Plantas sin síntomas de PMP	0	Plantas sin síntomas
Plantas con síntomas leves de PMP	1	Coloración amarillenta y pardeamiento de las hojas superiores. Abultamiento de entrenudos
Plantas con síntomas intermedios de PMP	2	Coloración amarillenta y pardeamiento de las hojas superiores. Ramificaciones como escoba de bruja. Abultamiento de entrenudos
Plantas con síntomas severos de PMP	3	Achaparramiento de plantas; enrollamiento, amarillamiento y coloración morada de las hojas superiores. Ramificaciones como escoba de bruja. Abultamiento de entrenudos Formación de tubérculos aéreos Muerte temprana de la planta Tubérculos manchados.

#### 3.1. Número de tubérculos por planta

En la variable número de tubérculos por planta, no existieron diferencias significativas ( $p=0,2545$ ) para tratamientos (**Tabla 3**). El promedio general fue de 32,24 tubérculos por planta.

**Tabla 3**

*Promedio y Prueba de Kruskal Wallis para número de tubérculos por planta*

Variable evaluada	DE	Promedio	p
No. tubérculos por planta	12,9	32,24	0,2545 n.s

El tratamiento T1 (Síntomas severos) presentó un promedio de 29,10 tubérculos por planta, en cambio que el tratamiento T4 (Sin síntomas) presentó un promedio mayor con 33,45 (**Tabla 4**).

**Tabla 4**

*Promedio y Prueba de U de Mann Whitney para número de tubérculos por planta*

Tratamiento	Descripción	No. tubérculos planta
T1	Síntomas severos	29,10
T2	Síntomas intermedios	32,53
T3	Síntomas leves	33,88
T4	Sin síntomas	33,45

Wurr et al. (1997) y Haverkort et al. (1990) sugieren que puede haber diferencias muy grandes en el número de tubérculos y que es probable que los factores clave sean ambientales, como la luz, la temperatura y las condiciones físicas del suelo, así como las características de las variedades; lo que corrobora con los datos obtenidos en el presente estudio en el que no existieron diferencias significativas, aduciendo que esta variable depende mucho de las condiciones varietales y de factores bióticos y abióticos.

### 3.2. Peso de tubérculos por planta

Para el peso de tubérculos, se determinó que, si existen diferencias significativas entre los tratamientos, el promedio general fue 51,19 g (**Tabla 5**).

**Tabla 5**

*Promedio y Prueba de Kruskal Wallis para peso de tubérculos por planta.*

Variable evaluada	DE	Promedio	p
Peso de tubérculos (g)	12,17	51,19	0,0003*

Henne et al. (2010) en su estudio indica que, los tubérculos producidos a partir de plantas sanas fueron más grandes que los de tubérculos de semilla afectados por la enfermedad, datos que concuerdan con la presente investigación en la que se puede relacionar el tamaño con el peso del tubérculo. De esta manera se puede apreciar en la **Tabla 6**, dos rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango el T4 (tubérculos provenientes de plantas sin síntomas) con un valor de 58,30 g. En el último rango, con el menor promedio, se ubicó el T3 (tubérculos provenientes de plantas con síntomas intermedios) con un promedio de 46,77 g.

**Tabla 6**

*Promedio y Prueba de U de Mann Whitney para peso de tubérculos por planta.*

Tratamiento	Descripción	Peso tubérculos (g)
T1	Síntomas severos	49,89 b
T2	Síntomas intermedios	49,82 b
T3	Síntomas leves	46,77 b
T4	Sin síntomas	58,30 a

### 3.3. Número de tubérculos brotados

Para la variable número de tubérculos brotados por planta se determinó que si existen diferencias significativas ( $p < 0.0189$ ) para tratamientos (**Tabla 7**), arrojando un promedio general de 30,85 tubérculos brotados.

**Tabla 7**

*Promedio y Prueba de Kruskal Wallis para número de tubérculos brotados*

Variable evaluada	DE	Promedio	p
No. tubérculos brotados	12,62	30,85	0,0189*

En la **Tabla 8** se muestran dos rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango el T4 (tubérculos provenientes de plantas sin síntomas) y el T3 (tubérculos provenientes de plantas con síntomas leves) con un valor de 33,43 y 33,00 tubérculos brotados por planta, respectivamente. En el último rango se ubicó el T1 (tubérculos provenientes de plantas con síntomas severos) con un promedio de 26,18 tubérculos brotados por planta.

Henne et al. (2010) indica que existe poca información sobre el éxito de la brotación de los tubérculos de papa enfermos y remarca que para su estudio, se encontró que del 20 al 40% de los tubérculos afectados por “Zebra Chip” brotaron, dependiendo de la variedad y de la carga de la enfermedad dentro de los tubérculos. Así mismo, determina que pese a existir brotación en tubérculos-semilla enfermos, muchos de ellos no germinan y si lo hacen, emergen tardíamente, produciendo plantas débiles que crecen durante una semana o dos, periodo en el que permanecen en un estancamiento de crecimiento durante semanas antes de morir. Datos que concuerdan con lo expresado en el presente estudio, en el que se evidenció brotación en tubérculos provenientes de plantas con síntomas de la enfermedad, resaltando esta condición en aquellos tubérculos con sintomatología severa, donde no debería haber expresión alguna.

**Tabla 8**

*Promedio y Prueba de U de Mann Whitney para número de tubérculos brotados.*

Tratamiento	Descripción	No. tubérculos brotados
T4	Sin síntomas	33,43 a
T3	Síntomas leves	33,00 a
T2	Síntomas intermedios	30,80 ab
T1	Síntomas severos	26,18 b*

#### 3.4. Número de tubérculos no brotados

Para la variable número de tubérculos no brotados por planta, si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El promedio general fue de 1.39 tubérculos no brotados (**Tabla 9**).

**Tabla 9**

*Promedio y Prueba de Kruskal Wallis para número de tubérculos no brotados.*

Variable evaluada	DE	Promedio	p
No. tubérculos no brotados	1,38	1,39	<0,0001*

En la **Tabla 10** se muestra cuatro rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango el T1 (tubérculos provenientes de plantas con síntomas severos) con un valor de 2,93 tubérculos no brotados por planta. En el último rango se ubicó el T4 (tubérculos provenientes de plantas sin síntomas) con un promedio de 0,03 tubérculos no brotados por planta.

**Tabla 10**

*Promedio y Prueba de U de Mann Whitney para número de tubérculos no brotados*

Tratamiento	Descripción	No. tubérculos no brotados
T1	Síntomas severos	2,93 a
T2	Síntomas intermedios	1,73 b
T3	Síntomas leves	0,88 c
T4	Sin síntomas	0,03 d

En la investigación se pudo observar que, de 1 164 tubérculos analizados en plantas con síntomas severos, 117 no brotaron. Lo que concuerda con lo expresado por Rubio et al. (2013) y Pitman et al. (2011) quienes manifiesta que, en algunos casos donde se expresa la enfermedad, el tubérculo no brota o si llega hacerlo, sus brotes son de aspecto ahilado. Así mismo, mencionan que, tubérculos con brotación aparentemente normal, al ser sembrados, producen plantas infectadas con PMP, atribuyendo que la concentración de la bacteria en el tubérculo es muy baja para causar problemas de brotación, razón por la cual es difícil la detección de la bacteria mediante PCR en plantas aparentemente sanas. Similar a lo que menciona Cadena-Hinojosa et al. (2003) quien indica que los tubérculos provenientes de plantas infectadas pueden mostrar distintos niveles de pardeamiento en la parte interna “Zebra Chip”, generando una brotación anormal, que se caracteriza por la brotación débil en forma de hilos o incluso ausencia de la brotación.

### 3.5. Rendimiento por planta

Para la variable rendimiento por planta, existieron diferencias significativas ( $p= 0.0006$ ) para los diferentes tratamientos (**Tabla 11**). El promedio general fue de 1601,16 g por planta.

**Tabla 11**

*Promedio y Prueba de Kruskal Wallis para rendimiento por planta*

Variable evaluada	DE	Promedio	p
Rendimiento por planta (g)	638,47	1601,16	0,006*

En la **Tabla 12** se mostraron dos rangos de significancia estadística, ubicando en primer rango al T4 (tubérculos provenientes de plantas sin síntomas) con un rendimiento promedio de 1912,35 g por planta. Con el menor promedio, se ubicó el T1 (tubérculos provenientes de plantas con síntomas severos) con un promedio de 1430,48 g por planta.

**Tabla 12**

*Promedio y Prueba de U de Mann Whitney para rendimiento por planta*

Tratamiento	Descripción	Rendimiento planta (g)
T4	Sin síntomas	1912,35 a
T2	Síntomas intermedios	1597,88 b
T3	Síntomas leves	1463,93 b
T1	Síntomas severos	1430,48 b

Resultados que se corroboran con lo descrito por Hernández-García et al. (2018) que manifiesta que la gradiente de la enfermedad está estrechamente relacionada con el rendimiento, si se utilizan tubérculos-semilla infectados se obtendrán bajos rendimientos, no así si se utilizan sanos. Por otro lado, indica que, las estrategias de manejo tendrán un impacto significativo en el rendimiento del cultivo, reduciendo la incidencia de la enfermedad.

### 3.6. Porcentaje de transmisión de CaLso

Para el porcentaje de transmisión de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, se encontraron diferencias significativas ( $p = <0.0001$ ) para tratamientos (**Tabla 13**). El promedio general fue de 4,63 % de rendimiento.

**Tabla 13**

*Promedio y Prueba de Kruskal Wallis para porcentaje de transmisión de CaLso*

Variable evaluada	DE	Promedio	p
Transmisión de CaLso (%)	5,01	4,63	<0,0001*

En la **Tabla 14** se puede identificar cuatro rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango el T4 (tubérculos provenientes de plantas sin síntomas) con un valor de 0,06% de transmisión. Valor que corrobora con lo manifestado por Crosslin et al. (2011) quien determinó en su estudio que si es probable que llegue a presentarse síntomas de la enfermedad en plantas que fueron determinadas como sanas mediante análisis de PCR en un inicio, puesto que la distribución de la carga de la enfermedad es desigual en la planta (falsos positivos o falsos negativos). Lo que corrobora con el presente estudio puesto que un tubérculo no llegó a brotar de un total de 1 338 tubérculos obtenidos del T4 (tubérculos obtenidos de plantas sin síntomas de la enfermedad).

**Tabla 14**

*Promedio y Prueba de U de Mann Whitney para porcentaje de transmisión de CaLso*

Tratamiento	Descripción	% transmisión
T1	Síntomas severos	11,07 d
T2	Síntomas intermedios	4,92 c
T3	Síntomas leves	2,46 b
T4	Sin síntomas	0,06 a

En el último rango se ubicó el T1 (tubérculos provenientes de plantas con síntomas severos) con un promedio de 11,07 % de transmisión. Estos hallazgos tienen relación con las observaciones efectuadas con semilla producida en el estado de México por Rubio et al. (2013) quien estableció que el porcentaje de transmisión de PMP mediante semilla, varía de 0 a 5%, dependiendo su procedencia, variedad y estado fisiológico.

Los resultados de los análisis mediante pruebas PCR sirvieron para determinar la presencia o ausencia de CaLso según su condición de brotación. De esta manera se obtuvo un resultado positivo en los tubérculos que tuvieron problemas en su brotación o simplemente no brotaron. Por otro lado, se obtuvo un resultado negativo para la presencia de CaLso en los tubérculos que si brotaron.

#### 4. Conclusiones

- El presente estudio demuestra que existe un porcentaje de transmisión de PMP a través de semilla, asociada a la sintomatología de la planta progenitora. Así como también un efecto de la enfermedad de la PMP sobre el peso de los tubérculos por planta y el rendimiento, reflejando una reducción significativa según sea la sintomatología de la planta madre. Los síntomas de las plantas progenitoras, sirvieron de base para determinar una escala a partir del grado de infección de la enfermedad. Esta propuesta servirá como una herramienta más para determinar de una manera más ágil y económica la identificación de progenies enfermas y la repercusión que estas tendrán en su siguiente generación. En consecuencia, se recomienda realizar estudios complementarios para saber si este tipo de muestreo con diferentes sintomatologías y brotación es indicativo o no de presencia de la enfermedad, así como también llegar a establecer que muestra llega a ser representativa para un análisis de PCR.

#### 5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 8. Referencias Bibliográficas

Araujo Jaramillo, M. A., Cartagena Ayala, Y. E., Castillo, C., Cuesta Subía, H. X., Monteros Jácome, J. C., Paula, N., Racines Jaramillo, M. R., Rivadeneira Ruales, J. E., Velásquez Carrera, J. S., León Ruiz, J., Panchi, N., & Andrade Piedra, J. L. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. Instituto Nacional de Investigadores Agropecuarios. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5672>

Banco Central del Ecuador. (2022). *Informe Estadístico Mensual*. Banco Central del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/IEMensual/Indices/m2062122023.html>

Basantes, F., Aragón Suárez, J. P., Albuja Illescas, L. M., & Vásquez Hernández, L. del R. (2020). Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador. *E-Agronegocios*, 6(2), 103–120. <https://doi.org/10.18845/ea.v6i2.5103>

Bujanos Muñiz, R. B., & Ramos Méndez, 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*. Corporativo Editorial Tauro. <https://www.oirsa.org/contenido/Manual Bactericera Cockerelli version 1.3.pdf>

Cabieses, F., Chauvin, L. O., Glave, L. M., Lumbreras, L. G., Millones, L., Ochoa, C., Rhoades, R. E., Swaminathan, M. S., Wust, W. H., & Zandstra, H. G. (2006). *La papa tesoro de los andes de la agricultura a la cultura*. Centro Internacional de la Papa. [https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/05/la\\_papa\\_tesoro\\_de\\_los\\_andess.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/05/la_papa_tesoro_de_los_andess.pdf)

Cadena-Hinojosa, M. A., Guzman-Plazola, R., Diaz-Valasis, M., Zavala-Quintana, T. E., Magana Torres, O. S., Almeyda-Leon, I. H., Lopez-Delgado, H., Rivera-Pena, A., & Rubio-Covarrubias, O. (2003). Distribution, incidence and severity of purple potato rot and abnormal sprouting of potato (*Solanum tuberosum* L.)

tubers in the high valleys and mountains of the states of Mexico, Tlaxcala and the Federal District, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 248–259.

[https://www.researchgate.net/publication/237037435\\_Distribucion\\_Incidencia\\_y\\_Severidad\\_del\\_Pardeamiento\\_y\\_la\\_Brotacion\\_Anormal\\_en\\_los\\_Tuberculos\\_de\\_Papa\\_Solanum\\_tuberosum\\_L\\_en\\_Valles\\_Altos\\_y\\_Sierras\\_de\\_los\\_Estados\\_de\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/237037435_Distribucion_Incidencia_y_Severidad_del_Pardeamiento_y_la_Brotacion_Anormal_en_los_Tuberculos_de_Papa_Solanum_tuberosum_L_en_Valles_Altos_y_Sierras_de_los_Estados_de_Mexico)

Caicedo, J., Crizón, M., Pozo, A., Cevallos, A., Simbaña, L., Rivera, L., & Arahana, V. (2015). First report of ‘Candidatus Phytoplasma aurantifolia’ (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel-Carchi, Ecuador. *New Disease Reports*, 32(1), 20–20. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2015.032.020>

Caicedo, J. 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), 10–12. <https://doi.org/10.1007/s13314-020-0375-0>

Castillo Carrillo, C., Fu, Z., & Burckhardt, D. (2019). First record of the tomato potato Psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. *Bulletin of Insectology*, 72(1), 85–91. [https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Castillo-Carrillo/publication/336070730\\_First\\_record\\_of\\_the\\_tomato\\_potato\\_psyllid\\_Bactericera\\_cockerelli\\_from\\_South\\_America/links/5e567969299bf1bdb83b6b75/First-record-of-the-tomato-potato-psyllid-Bactericera-co](https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Castillo-Carrillo/publication/336070730_First_record_of_the_tomato_potato_psyllid_Bactericera_cockerelli_from_South_America/links/5e567969299bf1bdb83b6b75/First-record-of-the-tomato-potato-psyllid-Bactericera-co)

Castillo Carrillo, C., Paltrinieri, S., Bustamante, J. B., & 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. <https://doi.org/10.1007/s13313-018-0557-9>

Crosslin, J. M., Hamlin, L. L., Buchman, J. L., & Munyaneza, J. E. (2011). Transmission of potato purple top phytoplasma to potato tubers and daughter plants. *American Journal of Potato Research*, 88(4), 339–345. <https://doi.org/10.1007/s12230-011-9199-y>

Cuesta Subía, H. X., Rivadeneira Ruales, J. E., & Monteros, C. J. (2015). *Mejoramiento Genético de Papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos*. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3227>

Cuesta, X., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Racines, M., & Castillo, C. (2021). Guía de Manejo de la Punta Morada de la Papa. *Repositorio INIAP, Segunda Ed*, 24. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5345>

- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). *InfoStat* (versión 24). Infostat.  
<http://www.infostat.com.ar/>
- Díaz, H. L. B., Arzuaga, L. G., & Fereres, A. (2021). Situación de vectores de *CaLsol* que infectan solanáceas en la región de las Américas. Implicaciones para Cuba. I: Elementos de su identificación, distribución y bioecología. *Revista de Protección Vegetal*, 36(1), 1–11.  
<https://censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/1126>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2025). *FAOSTAT statistics database*.  
<https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Haverkort, A. J., Van De Waart, M., & Bodlaender, K. B. A. (1990). The effect of early drought stress on the numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. *Potato Research*, 33(1), 89–96.  
<https://doi.org/10.1007/BF02358133>
- Henne, D. C., Workneh, F., Wen, A., Price, J. A., Pasche, J. S., Gudmestad, N. C., & Rush, C. M. (2010). Characterization and epidemiological significance of potato plants grown from seed tubers affected by zebra chip disease. *Plant Disease*, 94(6), 659–665. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-6-0659>
- 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. *Revista Bio Ciencias*, 1–21.  
<http://dx.doi.org/10.15741/revbio.05.nesp.e442>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2023). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua- Tabulados 2023*.  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2018). *INIAP ejecuta un plan emergente frente a la presencia de Punta Morada de la Papa en Ecuador*.  
<https://www.iniap.gob.ec/iniap-ejecuta-un-plan-emergente-frente-a-la-presencia-de-punta-morada-de-la-papa-en-ecuador/>
- Munyaneza, J. E., Crosslin, J. M., & Ing-Ming, L. (2007). Phytoplasma diseases and insect vectors in potatoes of the Pacific northwest of the United States. *Bulletin of Insectology*, 60(2), 181–182.  
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=4a44a8340e0564edac9e1671995b395fe9dcd9c3>

- Pitman, A. R., Drayton, G. M., Kraberger, S. J., Genet, R. A., & Scott, I. A. W. (2011). Tuber transmission of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” and its association with zebra chip on potato in New Zealand. *European Journal of Plant Pathology*, 129(3), 389–398. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9702-1>
- Rubio Covarrubias, O. A., Cadena Hinojosa, M. A., & Vázquez Carrillo, G. (2013). *Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México*. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [https://www.researchgate.net/profile/Oswaldo-Rubio/publication/270219398\\_Manejo\\_integrado\\_de\\_la\\_punta\\_morada\\_de\\_la\\_papa\\_en\\_el\\_Estado\\_de\\_Mexico/links/54a344a70cf267bdb90430b6/Manejo-integrado-de-la-punta-morada-de-la-papa-en-el-Estado-de-Mexico.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Oswaldo-Rubio/publication/270219398_Manejo_integrado_de_la_punta_morada_de_la_papa_en_el_Estado_de_Mexico/links/54a344a70cf267bdb90430b6/Manejo-integrado-de-la-punta-morada-de-la-papa-en-el-Estado-de-Mexico.pdf)
- Trkulja, V., Tomić, A., Matić, S., Trkulja, N., Iličić, R., & Popović Milovanović, T. (2023). An overview of the emergence of plant pathogen ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ in Europe. *Microorganisms*, 11(7), 1699. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071699>
- Velásquez, J., Araujo, A., Andrade, V., Rivadeneira, J., Cuesta, X., Racines, M., & Tinoco, K. (2022). *Manual de producción de tubérculo semilla de papa*. INIAP. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6124/1/3.2 Manual Producción TuberculoSemilla Papa.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6124/1/3.2%20Manual%20Producci3n%20TuberculoSemilla%20Papa.pdf)
- Wurr, D. C. E., Hole, C. C., & Fellows, J. R., Milling, J., Lynn, J. R., & O'Brien, P. J. (1997). The effect of some environmental factors on the yield formation. *Potato Research*, 40, 297–305. <https://doi.org/10.1007/BF02358011>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services