



**UNIVERSIDAD DE PANAMA  
VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS  
EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**MANEJO DE *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora* EN  
ALMACENAMIENTO DE PAPA EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ.**

**MANUEL ISAAC PITTÍ ARAÚZ  
CIP: 4-757-2210**

**TRABAJO DE INTERVENCIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON  
ÉNFASIS EN PROTECCIÓN VEGETAL.**

**CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2020**

e.2 # 042 Obsequio del autor a B.R.A. - F.C.A. Reg. 15/12/2020

**MANEJO DE *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora* EN  
ALMACENAMIENTO DE PAPA EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ.**

**TRABAJO DE INTERVENCIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON  
ÉNFASIS EN PROTECCIÓN VEGETAL.**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**APROBADO**



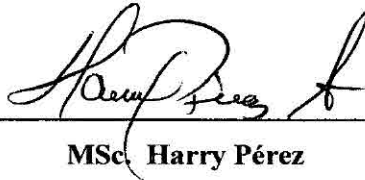
**ASESOR**

**Ph.D Rubén Collantes**



**JURADO**

**Ph.D Juan Corella**



**JURADO**

**MSc. Harry Pérez**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, de primera mano por permitirme tener vida y salud.

A mis padres, Madelín y Manuel, por su apoyo incondicional durante la carrera.

A mis hermanas Maureen y Cristina, por sus buenos deseos.

A mis amistades en general que junto a sus consejos me llenaron de fuerza.

“Lo que te mete en problemas  
no es lo que no sabemos, sino las cosas  
de las que estamos seguros,  
pero no son ciertas.”

Mark Twain

## AGRADECIMIENTOS

- A la prestigiosa Universidad de Panamá, por permitirme realizar los estudios superiores.
- Al Dr. Rubén Darío Collantes, asesor de mi trabajo de intervención, por su dedicación y ayuda en las consultas realizadas durante la ejecución del experimento, análisis de datos y revisión del informe final.
- Al Centro de Manejo Post Cosecha de Cerro Punta y su encargada la Magister Maricsa Jerkovic, por permitirme realizar el trabajo de intervención dentro de las instalaciones del centro.
- Al Ing. Luis Carlos Delgado, gerente de Operaciones, por tener fe en el desarrollo de los tratamientos aplicados al estudio.
- Al jurado evaluador, por las recomendaciones para mejorar el presente trabajo.
- A todos los profesores de la Unidad de Protección Vegetal.
- A mis compañeros, los cuales compartimos muchas horas de trabajo técnico.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN.....	1
SUMMARY .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	4
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	5
II MARCO TEORICO .....	7
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
2.2 POLILLAS DE LA PAPA.....	7
2.2.1 <i>Phthorimaea operculella</i> .....	7
2.2.2 <i>Tecia solanivora</i> .....	9
2.3 <i>Bacillus thuringiensis</i> como alternativa de control para polillas de papa .....	12
2.4 HIPÓTESIS.....	14
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	15
3.2 COMPONENTES DEL ESTUDIO .....	15
3.2.1 Tubérculos .....	15
3.2.2 Insecticida .....	15
3.2.3 Temperatura.....	16
3.3 Descripción de los tratamientos en estudio.....	17
3.4 Diseño experimental.....	19
3.5 Variables:.....	21
3.6 Instalación del experimento .....	21

<b>3.7 Evaluaciones registradas .....</b>	<b>22</b>
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>V CONCLUSIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>VI RECOMENDACIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>28</b>
<b>VIII ANEXOS .....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Dosis de Dipel en gramos por tratamiento.....	18
<b>Cuadro 2.</b> Distribución aleatoria de los tratamientos.....	21
<b>Cuadro 3.</b> Lotes utilizados para la instalación del experimento. ....	22
<b>Cuadro 4.</b> Porcentajes de daño causados por polillas en cada tratamiento. ....	24
<b>Cuadro 5.</b> Tabla de ANOVA. ....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo de vida de <i>Phthorimaea operculella</i> (Adaptado de Boletín de avisos sanitarios, 2016).....	8
<b>Figura 2.</b> Forma de alimentación de <i>Phthorimaea operculella</i> .....	9
<b>Figura 3.</b> Ciclo de vida de <i>Tecia solanivora</i> (Adaptado de Boletín de avisos sanitarios, 2016)..	10
<b>Figura 4.</b> Daño causado por <i>Tecia solanivora</i> en cuartos de almacenamiento.....	11
<b>Figura 5.</b> Adulto de <i>Tecia solanivora</i> y <i>Phthorimaea operculella</i> (Adaptado de Boletín de avisos sanitarios, 2016).1996 y Reyes, 2017).....	12
<b>Figura 6.</b> Toxicidad de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Adaptado de Mamani, 2008).....	13
<b>Figura 7.</b> Control de polilla con la aplicación de Dipel ( <i>Bacillus thuringiensis</i> var <i>Kurstaki</i> ).....	14
<b>Figura 8.</b> Producto comercial Dipel utilizado para los tratamientos de control de polillas. ....	15
<b>Figura 9.</b> Panel de control de temperaturas y humedades.....	16
<b>Figura 10.</b> 20 gramos de producto Dipel pesado en vaso químico de 80 ml. ....	18
<b>Figura 11.</b> Vaso químico con dosis de Dipel ya diluido en 1 litro de agua. ....	19
<b>Figura 12.</b> Aplicación de tratamientos con nebulizador eléctrico.....	19
<b>Figura 13.</b> Configuración de los tratamientos y bloques del diseño experimental. ....	20
<b>Figura 14.</b> Modelo estadístico lineal.....	20
<b>Figura 15.</b> Evaluaciones del daño final ocasionado por polillas en almacenamiento prolongado, en la línea de procesos. ....	23



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Porcentajes de daño total por polillas en los 5 tratamientos con Dipel .....	31
Anexo 2. Porcentaje de variación de daño por cada tratamiento. ....	32
Anexo 3. Regresión lineal del incremento del daño por polilla vs dosis de Dipel .....	32
Anexo 4. Información de cantidad de tratamientos y bloques en Sistema SAS .....	33
Anexo 5. Prueba de Duncan.....	34
Anexo 6. Análisis de procedimiento GLM .....	34

**MANEJO DE *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora* EN  
ALMACENAMIENTO DE PAPA EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ.**

**RESUMEN**

Tierras Altas, Provincia de Chiriquí, es la principal zona productora de papa en Panamá. En los últimos años, el manejo de polillas durante la etapa de cultivo ha sido más complicado, debido al incremento de temperatura como consecuencia de la variabilidad climática, lo cual acorta el ciclo de vida de las polillas (*Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*). Con ello, aumentan las poblaciones plaga en campo y, por consiguiente, es más frecuente la presencia de huevos y larvas en la papa destinada para almacenamiento, ocasionando daños en postcosecha. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la estrategia más eficiente para el manejo de polillas de papa en almacenamiento. Para ello, se seleccionó cinco lotes de papa, sometidos a diferentes dosis de aplicación del producto Dipel (*Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*). El diseño experimental consistió en Bloques Completos al Azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 20 unidades, constituidas cada una por cinco bins de 350 kg de papa. Dichos lotes se mantuvieron almacenados durante 100 días, a 13° C los primeros 23 días, 10°C los siguientes 13 días y el resto de días a 7° C y 80% HR. Los tratamientos consistieron en dosis de Dipel a 50 g, 60 g y 80 g fraccionados en tres aplicaciones durante los 100 días de almacenamiento, 70g fraccionados en cuatro aplicaciones y 90g fraccionados en cinco aplicaciones. Como resultados, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos empleados, lográndose que el incremento del daño durante almacenamiento fluctuase entre 2.30% y 4.58%, manteniéndose por debajo del umbral de daño permisible. En conclusión, la estrategia más eficiente para el manejo de polillas de papa en almacenamiento consistió en mantener la temperatura a 7° C y 80% HR, aplicando 50 g del producto Dipel fraccionado en tres aplicaciones.

## SUMMARY

Tierras Altas, Province of Chiriquí, is the main area dedicated to produce potato in Panama. The management of moths during the crop stage has been more complicated, due to the increase in temperature as a result of climatic change, which shortens the life cycle of moths (*Phthorimaea operculella* and *Tecia solanivora*). As consequence, pest populations increased in field and therefore, the presence of eggs and larvae during storage is more frequent, causing postharvest damage. The objective of this work was to evaluate the most efficient strategy to manage potato moths in storage. For this, five batches of potatoes were selected, subjected to different doses of application of the Dipel product (*Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*). The experimental design was Random Complete Blocks, with five treatments and four repetitions, with a total of 20 units, each one consisting of five bins with 350 kg potato per bin. These batches were stored for 100 days, at 13° first 23 days, 10°C next 13 days and end the days 7 ° C and 80% RH. The treatments were different doses of Dipel at 50 g, 60 g and 80 g divided into three applications during the 100 days of storage, 70g divided into four applications and 90g divided into five applications. As a result, there were no significant differences between the treatments used, achieving that the increase in damage during storage fluctuated between 2.30% and 4.58%, staying below the permissible damage threshold. In conclusion, the most efficient strategy to manage potato moths during storage was to keep the temperature at 7 ° C and 80% RH, applying 50 g of Dipel divided into three applications.

## INTRODUCCIÓN

La popularidad de la papa (*Solanum tuberosum L.*), como alimento básico en la dieta diaria de la población, se ha extendido desde las elevaciones de los Andes de Bolivia, Perú y Ecuador a todos los continentes. En la actualidad es imposible imaginar una alimentación sin la presencia de las papas

El cultivo de la papa es uno de los principales en Tierras Altas de Panamá, aportando 10.8 millones a la economía del país durante el período 2016-2017, así mismo durante este período existían 153 productores quienes obtuvieron rendimientos de 463,818 qq de papa, (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, 2017).

La superficie cosechada en Chiriquí decayó, vertiginosamente, en la última década se cosecharon 1,050 hectáreas; pero en el 2014, solo 797 hectáreas, lo que representa un 24% menos (Rodríguez, 2015). Factores climáticos, plagas y enfermedades afectan las plantaciones, reduciendo los volúmenes de cosecha, finalmente el producto que se almacena de forma tradicional puede llegar a tener daños de hasta un 100% causado por polillas.

La importancia del presente trabajo es dar a conocer estrategias de manejo de poblaciones de polillas en la papa almacenada con el empleo de un control biológico y temperatura controlada en las cámaras de almacenamiento, de esta forma disminuir la utilización de bodegas tradicionales para almacenar papa, en las que aplican productos químicos muy residuales.

El presente trabajo tuvo por objetivo general evaluar estrategias para el manejo de poblaciones de polillas de papa (*Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*) durante almacenamiento en Cerro Punta, Provincia de Chiriquí.

## I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Desde 1956, se han registrado daños producidos por polillas (*Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*) en Guatemala y posteriormente, debido a la movilización de tubérculos de papa entre diferentes países centroamericanos, la plaga se dispersó y adaptó con facilidad a las condiciones agroecológicas de cada país de Centroamérica.

Es así como, en 1970, fue reportada en Costa Rica, ocasionando daños entre 5 a 41.5% en la zona productora de Cartago Posteriormente y en 1973, se observó en Panamá, Honduras y El Salvador (Hilje, 1994).

En Panamá, no se tienen en la actualidad cifras precisas de los daños que ocasionan las polillas a nivel nacional. Sin embargo, en la empresa Mercados Nacionales de la Cadena de Frío, S. A., en el Centro de Manejo Post Cosecha de Cerro Punta, se ha llegado a tener registros de pérdidas causados por dichas plagas alrededor de un 10%, el cual supera el umbral de daño permisible, que corresponde a un 7%, siendo dificultoso el poder comercializarla en los mercados.

Dicho Centro, ofrece servicios como el curado y almacenamiento de la papa, el cual dura tres meses aproximadamente, en los cuales el personal de la empresa se encarga de conservar y mantener las condiciones del producto recibido, procediéndose inicialmente con un muestreo aleatorio de las papas afectadas con polillas y otro patógenos, pero resulta dificultoso determinar la cantidad de huevos y larvas que pudiesen ingresar.

Por ello, es posible que, durante el almacenamiento puedan aumentar las poblaciones significativamente, ocasionando daños a los tubérculos almacenados.

A fin de disminuir los daños causados por las polillas de papa, se requiere la implementación de estrategias de manejo dentro de los ambientes de almacenamiento.

## 1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo general

- Evaluar estrategias para el manejo de poblaciones de polillas de papa (*Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*) durante almacenamiento en Cerro Punta, Chiriquí.

Objetivos específicos

- Determinar la temperatura óptima para alcanzar los niveles más bajos de poblaciones de polillas en los cuartos de almacenamiento.
- Determinar la dosis adecuada del producto Dipel (*Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*) para el control de poblaciones de larvas de polilla (*Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*).

## 1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Las larvas de polilla de papa penetran el tubérculo para completar su desarrollo. Generan múltiples galerías, dentro de las que quedan residuos de alimento, excremento, exuvias larvales y moho, relativamente compactas que le confieren una tonalidad oscura al tubérculo, disminuyendo su calidad y permitiendo la entrada de patógenos secundarios. Los plaguicidas sintéticos son el método de control mayormente empleado, lo cual incrementa los costos productivos y representa riesgos para la salud (Sandoval y Vilatuña, 1998; Niño, 2004).

Las normativas de calidad en alimentos restringen el uso de productos químicos para controlar plagas en ambientes de curado y almacenaje, por el riesgo de una

contaminación cruzada e inclusive puede resultar tóxico tanto para los operarios como para el consumidor final.

Es por ello que, se espera establecer estrategias de control libre de químicos, en las cuales se someta a las plagas a temperatura y humedad adversas para su desarrollo, bajando su actividad reproductiva, complementado con el uso de *B. thuringiensis*.

## II MARCO TEORICO

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El cultivo de la papa es uno de los principales en Tierras Altas de Panamá, aportando 10.8 millones a la economía del país durante el período 2016-2017, así mismo durante este período existían 153 productores quienes obtuvieron rendimientos de 463,818 qq de papa, (MIDA, 2017).

Según datos del MIDA (2017), comparando el período 2015-2016 ocurrió una disminución del 32% de los rendimientos, lo que afecta el abastecimiento del producto para el consumo nacional. La mayor parte de las pérdidas en campo y almacenamiento son atribuidas a daños ocasionados por *P. operculella* y *T. solanivora*.

En países como Colombia, se estiman pérdidas hasta de un 20% ocasionadas por las polillas, además para su control los productores utilizan insecticidas químicos, organofosforados y carbamatos principalmente, contribuyendo a incrementar los costos de producción del cultivo e impactando negativamente en el ambiente y la salud de los productores (López *et al.*, 2010; Carpio *et al.*, 2013).

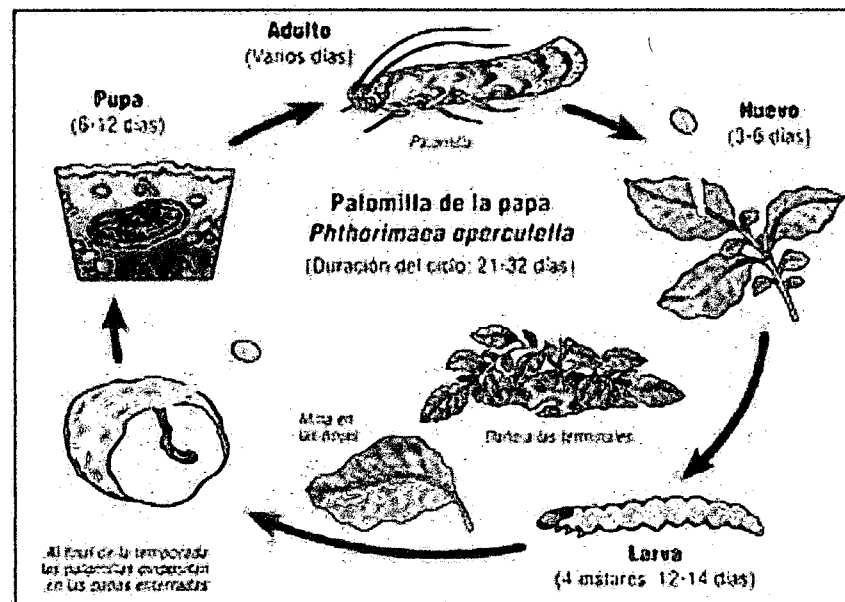
El incremento de la temperatura será un factor determinante en el establecimiento de la polilla de la papa en zonas productoras más elevadas, así como el aumento de la infestación debido al acortamiento de su ciclo de vida, situación que se agravaría por el desarrollo de resistencia de las plagas a los insecticidas empleados para el control de insectos (Sporleder *et al.* 2004, 2008; Carpio *et al.* 2013).

### 2.2 POLILLAS DE LA PAPA

#### 2.2.1 *Phthorimaea operculella*

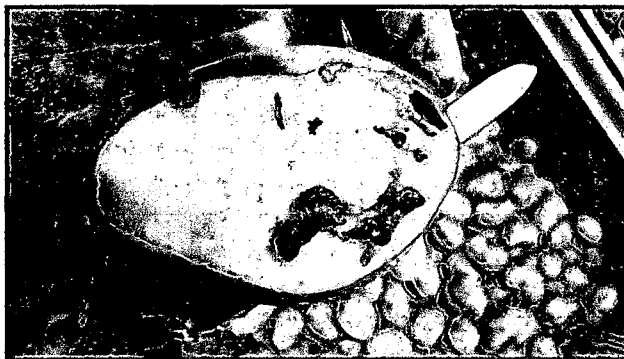


Metamorfosis completa, tolera temperaturas entre los 9.5°C y 39°C (Burgos, 2013). Siendo su temperatura óptima de desarrollo 25° C, deteniéndose su actividad metabólica a los 11° C. Huevos color blanco cremoso y 0.5 mm de diámetro, ovipositados en pequeños grupos durante 24 días, pudiendo sumar un total de 138. Larvas color verde, inicialmente de 1 mm de longitud, alcanzando hasta 1.5 cm e intensificándose su color en el último estado. Pupa de 5 a 8 mm de longitud, inicialmente color verde, tornándose marrón oscuro y encontrándose frecuentemente en el suelo, follaje y tubérculos. Adultos, de 1 cm de longitud y 1.5 cm de expansión alar, siendo el primer par de alas color marrón grisáceo con manchas negras (Instituto de investigaciones agropecuarias, 2017). La figura 1 ilustra el ciclo completo de la plaga.



**Figura 1.** Ciclo de vida de *Phthorimaea operculella* (Adaptado de Boletín de avisos sanitarios, 2016).

Es una plaga oligófaga que se alimenta de su hospedero por aproximadamente 2 semanas antes de empezar la etapa de pupa, (Harsimran; et al, 2014). La figura 2 ilustra la forma de alimentación de la *P. operculella*.



**Figura 2.** Forma de alimentación de *Phthorimaea operculella*.

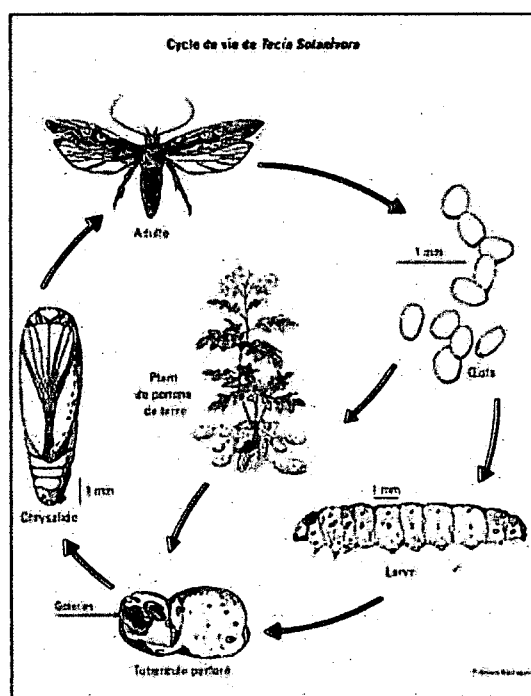
Se ha manejado el uso de insecticidas de síntesis química, pero las poblaciones de *Phthorimaea operculella* tienen una alta resistencia a sus efectos lo cual complica su control, realiza su ovoposición preferiblemente en tubérculos ya infestados por hembras de su misma especie para garantizar el desempeño de las larvas (Rico, 1998 y Herrera, 2012).

La duración del ciclo de vida de la *Phthorimaea operculella* es altamente dependiente de la temperatura en la que se almacena y debería mantenerse por debajo de los 11°C para impedir esta proliferación; además de eliminar los tubérculos afectados de manera previa al almacenamiento. (Harsimran; et al, 2014).

### 2.2.2 *Tecia solanivora*

Metamorfosis completa, temperatura mínima para su desarrollo de 7-9°C. De hecho, si las temperaturas se encuentran en torno a 20°C, un ciclo se puede completar en 56 días aproximadamente. Sin embargo, si las temperaturas son inferiores, en torno a 15°C, se necesita de un período de tiempo mayor, en torno a 95 días (Infoagro, 2020). Los huevos son de forma ovoide y miden 0.5 mm de longitud y 0.4 mm de ancho en la parte media. Recién ovipositados son de color blanco perlado. Las larvas del primer instar miden 1.3 mm de largo y las del último, 14 mm. Perforan la piel de los tubérculos luego de eclosionar y construyen galerías, al inicio cerca de la superficie y

luego comienzan a profundizar el tubérculo. La pupa es fusiforme; al principio es de color café claro y posteriormente café oscuro, dura entre 28 y 32 días. Los adultos viven en promedio de 22.5 días en condiciones ideales y las hembras ponen unos 290 huevos aproximadamente, existe un marcado dimorfismo sexual relacionado con el tamaño y su coloración siendo la hembra más grande que el macho (Gallegos, 2002). La figura 3 ilustra el ciclo de vida de la *T. solanivora*.



**Figura 3.** Ciclo de vida de *Tecia solanivora* (Adaptado de Boletín de avisos sanitarios, 2016).

Las larvas se alimentan exclusivamente del tubérculo de papa, comenzando el daño desde el primer instar, con un pequeño orificio justo debajo de la cáscara en forma de galerías superficiales poco evidentes a simple vista, por donde ingresa y comienza a barrenar la pulpa. La figura 4 ilustra el daño que causa la *T. solanivora*.



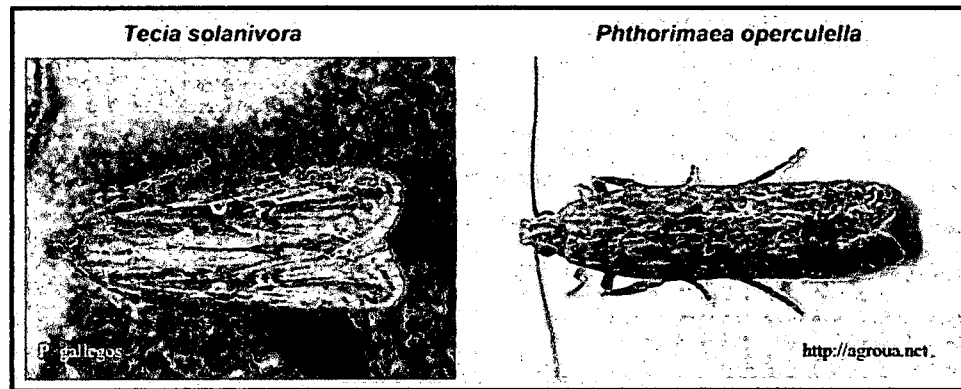
**Figura 4.** Daño causado por *Tecia solanivora* en cuartos de almacenamiento.

El tiempo que transcurre desde que el huevo es depositado hasta que nace el adulto varía entre 70 y 80 días, Torres, (2002) señala que el ciclo de vida está influenciado principalmente por la temperatura; a temperaturas más altas, pero moderadas, el ciclo se acorta.

Conforme avanza la larva se interioriza en el tubérculo, cambia de instar, aumenta su consumo, daña parcial o totalmente la papa y deja sus excrementos detrás de su paso; cesa su alimentación hacia el final del cuarto instar, para salir del tubérculo dejando un orificio redondo limpio y luego empupa en sitios donde encuentra condiciones adecuadas para su protección.

Diferencias entre las polillas que afectan a la papa:

- *Tecia solanivora* solo produce daños en los tubérculos en forma de galerías.
- *Phthorimaea operculella* excava, además, galerías en hojas y brotes, pudiendo llegar a secar totalmente la hoja. Las larvas y galerías de los tubérculos son más pequeñas que las de *T. solanivora*. (Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario, 2017). La figura 5 ilustra las diferencias entre *P. operculella* y *T. solanivora*.



**Figura 5.** Adulto de *Tecia solanivora* y *Phthorimaea operculella* (Adaptado de Boletín de avisos sanitarios, 2016).1996 y Reyes, 2017).

### 2.3 *Bacillus thuringiensis* como alternativa de control para polillas de papa

*Bacillus thuringiensis* (Bt) se ha usado durante más de un siglo como una opción importante en el manejo de algunos insectos plaga, incluyendo la generación de plantas transgénicas expresando resistencia a insectos. (Van Frankenhuyzen, 2009).

La actividad tóxica de la bacteria se atribuye ampliamente al efecto de proteínas denominadas *Cry* (del inglés *crystal*). Las toxinas *Cry* constituyen el factor de virulencia más importante de Bt (Soberon *et al.*, 2010).

La actividad biológica de la bacteria se ha podido constatar sobre especies de Lepidoptera como *Plutella xylostella*, *Spodoptera exigua*, *Heliothis virescens*, *Manduca sexta*, *Trichoplusia ni*, *Ostrinia nubilalis*, *Helicoverpa armigera*, *H. zea* y *Bombyx mori*, entre otros (Van Frankenhuyzen, 2009).

En el mercado, existen diferentes productos bioinsecticidas a base de Bt y se ha señalado que su alto costo y baja estabilidad en el campo son sus mayores limitaciones para el uso a gran escala (Ortega, 2000).

En los almacenes de tubérculos, sobre todo los destinados a semilla, deben ser tratados con productos biológicos formulados en polvo como *B. thuringiensis* (CIP, 1996). El tratamiento aplicado de forma nebulizada ha resultado eficaz en el control de larvas que causan daños en papa comercial almacenada prolongadamente.

Bt es considerado ideal para el manejo de plagas porque es específico para plagas e inocuo para humanos. Formulaciones agrícolas típicas de Bt incluyen polvos humectables, concentrados líquidos, polvos, cebos y otros, y se comercializan con nombres como Acrobe, Bactospeine, Certan, Dipel, Javelin, Leptox, Novabac, Thuricide y Victory (Navon 2000; Garczynski y Siegel 2007).

Para ser efectivos, los cristales de Bt tienen que ser ingeridos por la larva, siendo inefectivo contra insectos adultos. La figura 6 ilustra la toxicidad de *B. thuringiensis*.

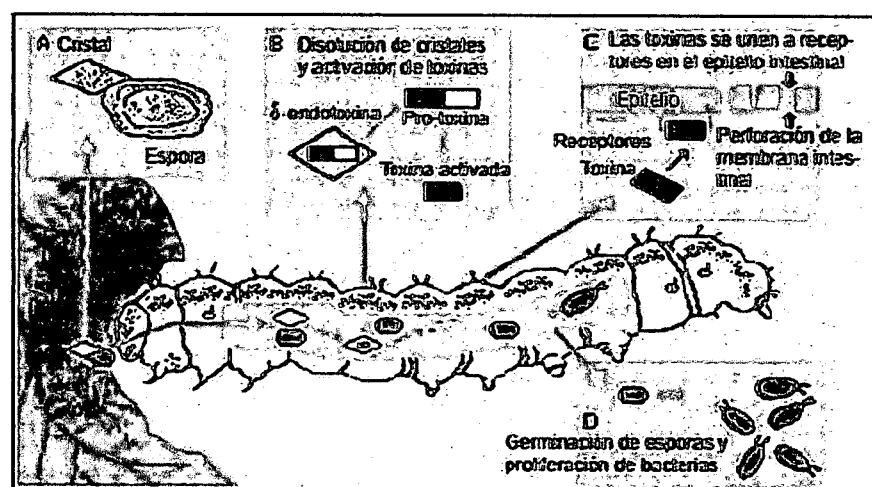


Figura 6. Toxicidad de *Bacillus thuringiensis* (Adaptado de Mamani, 2008)

La muerte puede ocurrir dentro de pocas horas o en pocas semanas de la aplicación de Bt, dependiendo de la especie de insecto, edad y de la cantidad de Bt ingerido. Aunque hay muchas razas de Bt, cada una con una toxicidad específica a ciertos tipos de insectos, Bt subespecie kurstaki es la más comúnmente usada contra lepidópteros (Navon, 2000). La figura 7 ilustra el control de la polilla con la aplicación de Dipel.



**Figura 7.** Control de polilla con la aplicación de Dipel (*Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki*).

## 2.4 HIPÓTESIS

### Hipótesis general

La combinación de temperatura baja y aplicación de *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, es una estrategia eficaz para disminuir poblaciones de polillas que deterioran la calidad de la papa durante el almacenamiento prolongado.

### Hipótesis específicas

- El control de temperatura a 7°C en los ambientes de almacenamiento es eficaz para disminuir poblaciones de polillas.
- Al menos una de las dosis aplicadas de Dipel (*Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki*), para el control de polillas de la papa, demostró ser más eficaz

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo se realizó en el Centro de Manejo Post Cosecha de Cerro Punta, Distrito de Tierras Altas. Fue instalado en un cuarto de curado de papa. La ejecución del experimento se inició en agosto de 2019 y se culminó en diciembre de 2019, cumpliendo el almacenamiento prolongado por tres meses.

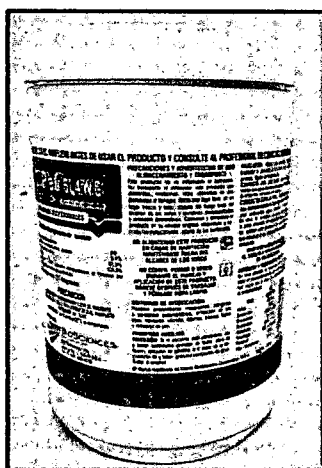
#### 3.2 COMPONENTES DEL ESTUDIO

##### 3.2.1 Tubérculos

La cantidad de tubérculos que se utilizó fue de 34 toneladas de la variedad Granola; distribuidos en 5 tratamientos. Es decir, la distribución fue de 6.8 toneladas de tubérculos por cada tratamiento.

##### 3.2.2 Insecticida

Se utilizó el insecticida microbiológico *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Dipel), con su formulación en Gránulos dispersables en agua al 6.4 WG, a una dosis de 0.5 kg por ha. La figura 8 ilustra el envase de producto comercial Dipel.

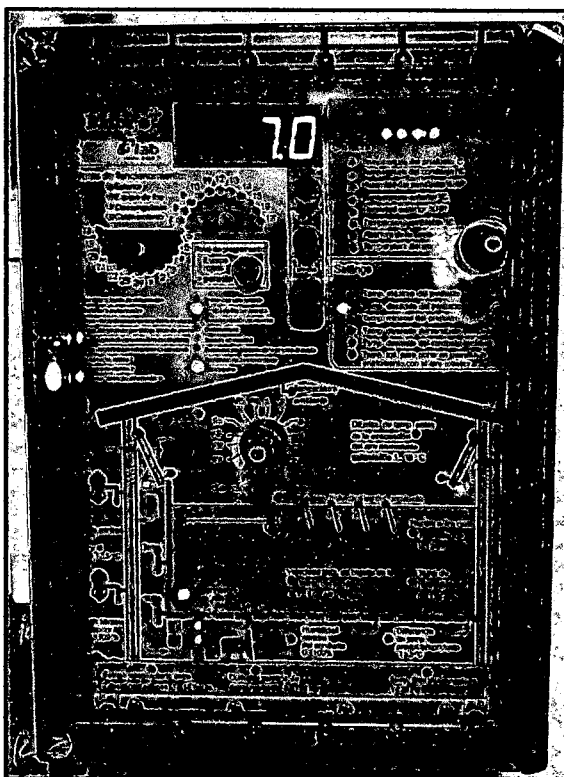


**Figura 8.** Producto comercial Dipel utilizado para los tratamientos de control de polillas.



### 3.2.3 Temperatura

Se configuro la temperatura a 13°C del cuarto CPI (Curado de Papa #1) en el PLC (Programmable Logic Controller), este sistema automáticamente realiza controles de temperatura y humedad, según las condiciones del producto, del ambiente interno y externo, durante los primeros 23 días para que la papa sea curada, luego gradualmente se configuro para que descienda 0.5°C por día fue hasta llegar a 10°C durante 13 días, nuevamente se configura para que descienda 0.5°C por día, hasta llegar a los 7°C donde permaneció 54 días almacenada. Con la experiencia del personal de la empresa en el manejo de las temperaturas de almacenamiento de la papa, se observó durante años anteriores que mantener la temperatura del cuarto a 13°C durante sus 23 días de curado y posteriormente descenderla hasta llegar a los 10°C, para luego almacenarla prolongadamente, no se obtenían resultados favorables. La figura 9 ilustra al panel de control de temperatura.



**Figura 9.** Panel de control de temperaturas y humedades.

### 3.3 Descripción de los tratamientos en estudio.

La forma de aplicación fue realizando la dilución del producto en un vaso químico con 1lt de agua, esperar media hora para que la mezcla de estabilice, luego vaciar la mezcla al envase del nebulizador, aforar con agua y realizar la aplicación sobre las unidades experimentales de cada tratamiento en el cuarto de curado de papa #1 (CP1). Tomando en cuenta la cantidad de producto que contiene cada tratamiento, la empresa no permitió que formara parte del tratamiento un testigo absoluto, ya que se veía involucrada la calidad del producto del cliente, además debido a experiencias previas de almacenamiento en el año 2018, el daño por polillas al final del curado supero el 10%, lo cual excede el umbral permisible de 7%.

A continuación, la descripción de cada tratamiento:

T1: Insecticida *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Dipel 6,4 Wg) a la dosis de 50 g para 6.8 toneladas de tubérculo, dividido en tres aplicaciones durante el almacenamiento La primera y segunda aplicación 15g y tercera de 20 g antes de bajar temperatura a 10°C, en total 50g.

T2: Insecticida *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Dipel 6,4 Wg) a la dosis de 60 g para 6.8 toneladas de tubérculo, dividido en tres aplicaciones durante el almacenamiento, la primera y segunda aplicación con la dosis de 20g y la tercera aplicación con la dosis de 20 g antes de bajar temperatura a 10°C, en total 60g.

T3: Insecticida *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Dipel 6,4 Wg) a la dosis de 80 g para 6.8 toneladas de tubérculo, dividido en tres aplicaciones durante el almacenamiento, la primera y segunda aplicación con la dosis de 30g y la tercera aplicación con dosis de 20 g antes de bajar temperatura a 10°C, en total 80g.

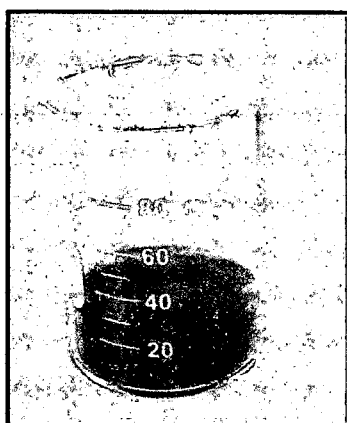
T4: Insecticida *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Dipel 6,4 Wg) a la dosis de 70 g para 6.8 toneladas de tubérculo, dividido en cuatro aplicaciones durante el almacenamiento, la primera y segunda aplicación con la dosis de 15g y la tercera

aplicación con dosis de 20 g antes de bajar temperatura a 10°C, la cuarta aplicación con dosis de 20 g con temperatura de 7°C, en total 70g.

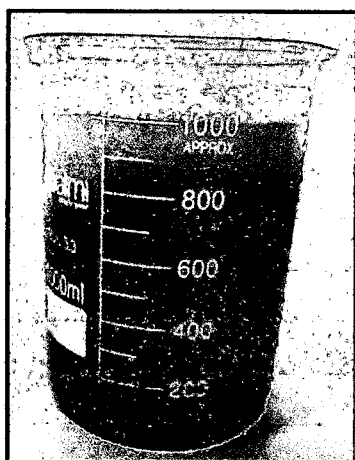
T5: Insecticida *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Dipel 6,4 Wg) a la dosis de 90 g para 6.8 toneladas de tubérculo, dividido en cinco aplicaciones durante el almacenamiento, la primera y segunda aplicación con dosis de 15g y tercera aplicación con dosis de 20 g antes de bajar la temperatura a 10°C, cuarta aplicación con dosis de 20 g a la temperatura de 7°C, quinta aplicación con dosis de 20 g al subir la temperatura a 13°C, en total 90 g.

	DOSIS	
T1	50	g
T2	60	g
T3	80	g
T4	70	g
T5	90	g

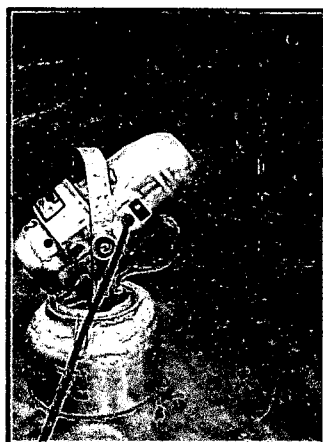
**Cuadro 1.** Dosis de Dipel en gramos por tratamiento.



**Figura 10.** 20 gramos de producto Dipel pesado en vaso químico de 80 ml.



**Figura 11.** Vaso químico con dosis de Dipel ya diluido en 1 litro de agua.

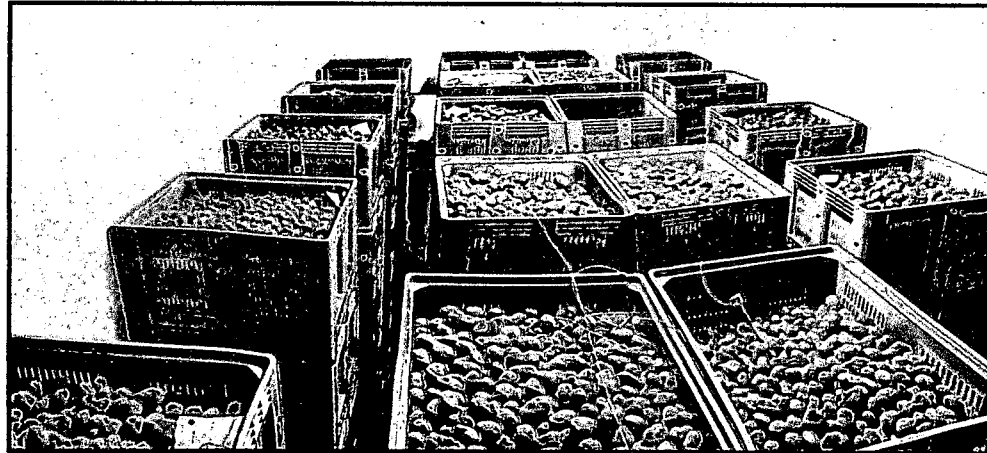


**Figura 12.** Aplicación de tratamientos con nebulizador eléctrico.



### **3.4 Diseño experimental**

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La figura 10 ilustra la forma de configuración de los tratamientos.



**Figura 13.** Configuración de los tratamientos y bloques del diseño experimental.

Modelo estadístico lineal

En este diseño el valor de cada unidad experimental  $Y_{ij}$  se explica según la figura 11 modelo estadístico lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, t =$  número de tratamientos  
 $j = 1, 2, 3, \dots, r =$  número de bloques  
 Dónde:  
 $Y_{ij}$  = Unidad experimental que recibe el tratamiento  $i$  y está en el bloque  $j$   
 $\mu$  = el verdadero efecto medio  
 $\beta_j$  = el verdadero efecto del  $j$ -ésimo bloque  
 $\tau_i$  = el verdadero efecto del  $i$ -ésimo tratamiento  
 $\epsilon_{ij}$  = error experimental

**Figura 14.** Modelo estadístico lineal.

### 3.5 Variables:

- Porcentaje de daño en campo
- Porcentaje de daño en almacenamiento
- Análisis económico.

### 3.6 Instalación del experimento

DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE FORMA ALEATORIA EN CADA BLOQUE											
B1			B2			B3			B4		
OC	02-sep	T5	VC	17-ago	T1	OC	27-ago	T4	VC	20-ago	T2
OC	02-sep		VC	17-ago		OC	27-ago		VC	20-ago	
OC	02-sep		VC	17-ago		OC	27-ago		VC	21-ago	
OC	02-sep		VC	17-ago		OC	27-ago		VC	21-ago	
OC	02-sep		VC	17-ago		OC	27-ago		VC	21-ago	
VC	17-ago	T1	OC	02-sep	T5	VC	20-ago	T2	OC	21-ago	T3
VC	17-ago		OC	02-sep		VC	20-ago		OC	21-ago	
VC	17-ago		OC	02-sep		VC	21-ago		OC	21-ago	
VC	16-ago		OC	02-sep		VC	21-ago		OC	21-ago	
VC	16-ago		OC	02-sep		VC	21-ago		OC	21-ago	
OC	27-ago	T4	OC	21-ago	T3	VC	17-ago	T1	OC	03-sep	T5
OC	27-ago		OC	21-ago		VC	17-ago		OC	03-sep	
OC	27-ago		OC	20-ago		VC	16-ago		OC	03-sep	
OC	27-ago		OC	20-ago		VC	16-ago		OC	03-sep	
OC	27-ago		OC	20-ago		VC	16-ago		OC	03-sep	
VC	22-ago	T2	OC	27-ago	T4	OC	21-ago	T3	VC	17-ago	T1
VC	19-ago		OC	27-ago		OC	21-ago		VC	17-ago	
VC	19-ago		OC	27-ago		OC	21-ago		VC	16-ago	
VC	19-ago		OC	27-ago		OC	21-ago		VC	16-ago	
VC	19-ago		OC	27-ago		OC	21-ago		VC	16-ago	
OC	20-ago	T3	VC	20-ago	T2	OC	02-sep	T5	OC	27-ago	T4
OC	20-ago		VC	20-ago		OC	02-sep		OC	27-ago	
OC	20-ago		VC	21-ago		OC	02-sep		OC	27-ago	
OC	20-ago		VC	21-ago		OC	02-sep		OC	27-ago	
OC	20-ago		VC	21-ago		OC	02-sep		OC	27-ago	

**Cuadro 2.** Distribución aleatoria de los tratamientos.

Para conseguir las 100 unidades experimentales se escogieron lotes de papa de dos productores, esos lotes han sido seleccionados con fechas similares y colocados en torres de 5 bines por cada repetición en la cámara de curado de papa #1 (CPI).

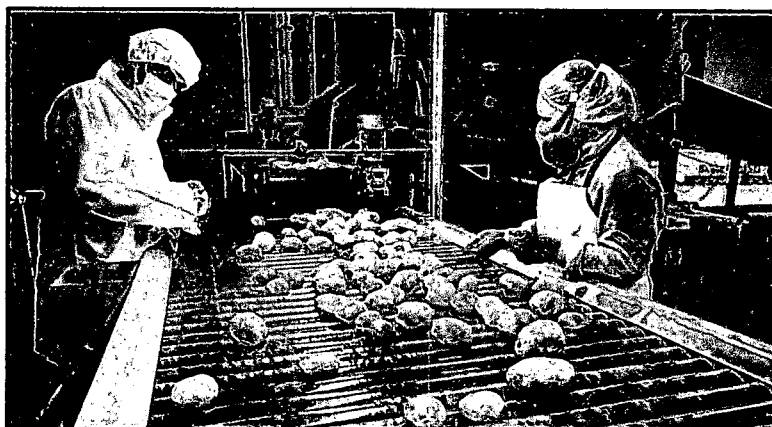
El tiempo empleado para la instalación del experimento fue aproximadamente un día. Para ninguno de los tratamientos se hizo una infestación inicial con polillas, por lo contrario se hizo una evaluación del porcentaje de daño inicial causado por *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora* con presencia de signos y síntomas en tubérculos traídos de campo, el Departamento de Aseguramiento de la Calidad cuenta con personal calificado y apoyo en el muestreo inicial. La figura 15 ilustra las evaluaciones en la línea de procesos.

SEGMENTACIÓN DE TRATAMIENTOS POR LOTES			
VIDAL CABALLERO JR.	08/16/2019	4962	T1
VIDAL CABALLERO JR.	08/17/2019	4975	
VIDAL CABALLERO JR.	08/19/2019	5019	T2
VIDAL CABALLERO JR.	08/20/2019	5045	
VIDAL CABALLERO JR.	08/21/2019	5073	
VIDAL CABALLERO JR.	08/22/2019	5104	
DEIDYS CAMARENA	08/20/2019	5033	T3
DEIDYS CAMARENA	08/20/2019	5043	
DEIDYS CAMARENA	08/21/2019	5074	
DEIDYS CAMARENA	08/21/2019	5065	
OSCAR CAMARENA	08/27/2019	5261	T4
OSCAR CAMARENA	08/27/2019	5224	
OSCAR CAMARENA	08/27/2019	5247	
OSCAR CAMARENA	09/02/2019	5434	T5
OSCAR CAMARENA	09/13/2019	5799	

**Cuadro 3.** Lotes utilizados para la instalación del experimento.

### 3.7 Evaluaciones registradas

Las evaluaciones se realizaron al cumplir 95 días de almacenamiento para conocer la actividad sobre *P. operculella* y *T. solanivora* del producto comercial Dipel (*Bacillus thuringiensis var kurstaki*), todas las papas con daños ocasionados por polillas fueron extraídas para luego ser pesadas y con ese peso transformarlo al porcentaje de daño final durante su almacenamiento.



**Figura 15.** Evaluaciones del daño final ocasionado por polillas en almacenamiento prolongado, en la línea de procesos.

a. Porcentaje de daño inicial causado por la polilla en tubérculos provenientes de campo, se evaluaron 250 kg de tubérculos, extrayendo todos los tubérculos con daños y se determinó el porcentaje de daño proveniente de campo, la evaluación se efectuó antes de la selección e instalación del proyecto.

b. Porcentaje de tubérculos dañados en almacenamiento

Este proceso se efectuó por cada tratamiento, extrayendo todo el producto con daño de polillas en almacenamiento y se determinó el porcentaje de tubérculos dañados por polillas, según la fórmula siguiente:

Peso de tubérculos dañados % =  $X \cdot 100$  / Peso Total de tubérculos evaluados



## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evidencia que el porcentaje más alto de daños causados por las polillas fue bajo el tratamiento número 1 y el tratamiento 5 logró tener menor porcentaje de daño final, pero con experiencias de años anteriores el porcentaje de daño más alto se encuentra por debajo de umbral de daño permisible que es de 7%

	Campo	Final	Variación
T1	1.40%	5.98%	4.58%
T2	0.96%	5%	4.04%
T3	0.60%	3.24%	2.64%
T4	0.40%	4.21%	3.81%
T5	0.90%	3.20%	2.30%

**Cuadro 4.** Porcentajes de daño causados por polillas en cada tratamiento.

Estudios similares de laboratorio

En Egipto, otra preparación de Bt (Dipel 2X 0.3%) resulto ser muy efectiva en almacén, eliminando la infestación de *P. operculella* frente a una infestación del 100% en los testigos no tratados 60 días después del tratamiento (Farrag 1998); al tener esta referencia no es favorable realizar un testigo absoluto sin ninguna aplicación, ya que las consecuencias por parte de la empresa podrían ser negativas y el productor presentaría quejas.

En Perú, Raman et al. (1987) encontraron que Bt var. *Kurstaki* (Dipel) fue efectiva reduciendo el daño de alimentación en el almacenamiento cuando se aplicó como formulación en polvo, debido a las condiciones de manejo de producto en la empresa, es difícil utilizar este tipo de aplicación, puesto que, el volumen de producto almacenado por cámara no lo permite, la forma más práctica es utilizando un nebulizador, permitiendo llegar a la mayoría de producto almacenado.

Según la prueba de ANOVA no se encontraron diferencias significantes en los daños causados por polillas durante las evaluaciones por efecto de los tratamientos aplicados.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr >F
Bloques	3	4.85	1.61	0.80	0.51
Tratamientos	4	12.00	3.00	1.49	0.27
Error	11	22.11	2.01		
Total	18	38.97			

**Cuadro 5.** Tabla de ANOVA.

En muchas partes del mundo, también se ha evaluado a Bt y otros métodos no químicos para el control de *P. operculella* después de la cosecha en almacenes de papa tradicionales (no refrigerados) (Lacey, 2010), pero pocos son los estudios que muestran la efectividad de *Bacillus thuringiensis* en condiciones de temperaturas bajas en almacenamiento,

## V CONCLUSIONES

- De las estrategias de manejo evaluadas, se concluye que la aplicación de *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* en conjunto con baja temperatura de almacenamiento, permite mantener las poblaciones de polilla por debajo del umbral de daño aceptable (7%).
- La temperatura de almacenamiento óptima para limitar el desarrollo de poblaciones de polillas es de 7°C.
- El producto Dipel es eficaz para el control de poblaciones de polillas de la papa, a una dosis de 50 g de producto para 6.8 toneladas de tubérculo, fraccionado en tres aplicaciones.
- El daño por polillas disminuyó de 10% hasta 5.98%, con la aplicación del producto a la dosis de 50g para 6.8 toneladas de tubérculo, lo cual está por debajo del umbral de daño permisible de 7%.

## VI RECOMENDACIONES

- Probar dosis menores del producto, para determinar si se puede lograr un control más eficiente a lo evidenciado en el presente estudio.
- Se recomienda que la empresa establezca como límite permitido el 1% de daño en el tubérculo para el ingreso de lotes de papa para almacenamiento.
- Se recomienda incrementar el esfuerzo de muestreo de los productos que ingresan a las instalaciones los fines de semana.
- Complementar el tratamiento aplicado con el uso de trampas con atrayentes.
- Evaluar la posibilidad de complementar el uso de *Bt* con extractos vegetales.
- Realizar pruebas de 7°, 10° y 13°C durante todo el almacenamiento, para hacer comparaciones de control del *Bacillus thuringiensis*.
- Fomentar el aprovechamiento de las instalaciones del Centro Post Cosecha para el proceso de curado de papa, el cual permite adelantar la cosecha y así disminuir el tiempo de exposición del producto al ataque de las plagas.

## VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burgos, B. 2013. Efecto de la temperatura en la biología y comportamiento de *Diglyphus websteri* (Crawford) (Hymenoptera: Eulophidae).
- Carpio, C., et al. 2013. Development of a viral biopesticide for the control of the Guatemala potato tuber moth *Tecia solanivora*. *Journal of Invertebrate Pathology*
- Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. (2017) Polilla guatemalteca de la patata *Tecia solanivora* (Povolny) Centro de Sanidad y Certificación Vegetal.
- Farrag, R. M. (1998). Control of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera Gelechiidae) at storage. *Egyptian Journal of Agricultural Research* 76: 947-952.
- Gallegos, P. (2002) Manejo de *Tecia solanivora* en el Carchi, Ecuador. In: Memorias I Taller Internacional sobre Prevención y Control de la Polilla Guatemalteca de la Papa. Servicio Nacional de Sanidad Agraria, Centro Internacional de la Papa, 11–14 septiembre 2001, Lima, Perú.
- Garczynski, S. y Siegel, J. (2007). Bacteria p. 175-97. En: Lacey, L.A.; Kaya, H.K. (eds.). *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests*, 2<sup>nd</sup> edn. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Harsimran, G., et al (2014). Common name: potato tuberworm. Scientific name: *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). En University of Florida Disponible online en: [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/VEG/POTATO/potato\\_tuberworm.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/VEG/POTATO/potato_tuberworm.htm)
- Herrera, M., y Dangles, O. (2012). Preferencia de oviposición en tres especies de polilla de la papa (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*.

- Hilje, L. (1994) “Caracterización del daño de las polillas de la papa, *Tecia solanivora* y *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) en Cartago, Costa Rica,” Manejo Integrado de Plagas, vol. 31, pp. 43–46.
- Infoagro (2020) “La polilla guatemalteca de la papa: *Tecia solanivora*”, consultado en [https://www.infoagro.com/documentos/la\\_polilla\\_guatemalteca\\_patata\\_\\_\\_i\\_tecia\\_solanivora\\_\\_i\\_.asp](https://www.infoagro.com/documentos/la_polilla_guatemalteca_patata___i_tecia_solanivora__i_.asp)
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2017). Entomología-Plagas en hortalizas y cultivos: Polilla de la papa. Ficha técnica 74.
- Lacey, L. A.; Headrick, H. L.; Horton, D. R.; Schrber, A. 2010. Effect of a Granulovirus on Mortality and Dispersal of Potato Tuber Worm (Lepidoptera: Gelechiidae) in Refrigerated Storage Warehouse Conditions. *Biocontrol, Science and Technology* 20: 437-447.
- López, S., Rojas, A., Ospina, S. & Cerón, J. (2010). Activity of *Bacillus thuringiensis* hybrid protein against a lepidopteran and a coleopteran pest. *FEMS Microbiology Letters*,
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2017). INFORME DEL CIERRE AGRICOLA AÑO 2016-2017. Santiago, Veraguas.
- Navon, N. (2000). *Bacillus thuringiensis* application in agriculture. p. 355-369. En: Charles, J.-F.; Delecluse, A.; Nielsen-LeRoux, C. (eds.). *Entomopathogenic Bacteria: from laboratory to field application*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Niño, L. (2004). Revisión sobre la polilla *Tecia solanivora* en centro y suramérica. *Revista Latinoamericana de la papa*.
- Ortega, E. y Fernández, S. (2000). Manejo Integrado de la Polilla Minadora de la Papa *Phthorimaea operculella*. Editada en versión electrónica por: Bolaños JF, IICA ACT Ecuador.
- Raman, K. V.; Booth, R. H.; Palacios, M. (1987). Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in rustic potato stores. *Tropical Science* 27: 175-194.

- Rico, E., Ballester, V., y Ménsula, J. (1998). Survival of two strains of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) reared on transgenic potatoes expressing a *Bacillus thuringiensis* crystal protein. *Agronomie*.
- Rodríguez, M. (2015). Mejora la producción de papas y zanahorias. La estrella de Panamá. Recuperado de <https://www.laestrella.com.pa>
- Sandoval, D. y Vitaluña, J. (1998). La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny).
- Soberon, M., et all (2010). Pore formation by Cry toxins. *Adv Exp Med Biol*.
- Sporleder, M., Kroshell, J., Gutierréz, M., Lagnaoui, A. (2004). A temperatura based simulation model for the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Environmental Entomology*.
- Sporleder, M., Zegarra, O., Rodríguez, E., Kroschell, J. (2008). Effects of temperature on the on the activity and kinetics of the Granulovirus infecting the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Biological control*.
- Torres, F. (1998). *Biología y Manejo Integrado de la polilla Centroamericana de la Papa Tecia solanivora en Venezuela*. Maracay, Venezuela.
- Van Frankenhuyzen, K. (2009). Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. *Journal of Invertebrate Pathology*.

## VIII ANEXOS

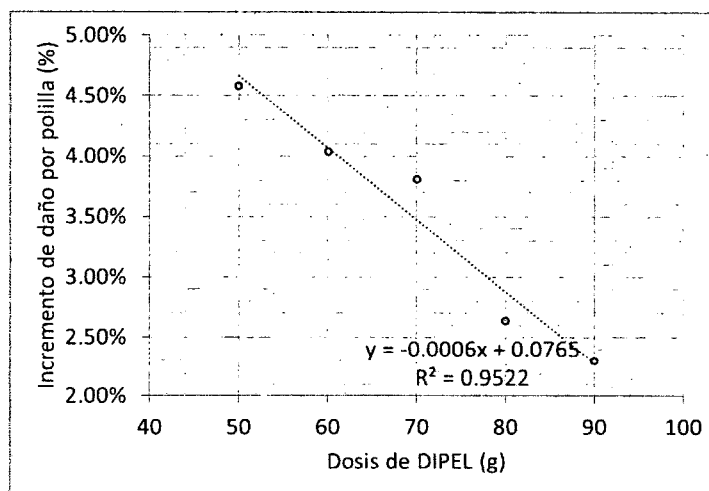
### Anexo 1. Porcentajes de daño total por polillas en los 5 tratamientos con Dipel

DAÑO FINAL POR POLILLAS EN ALMACENAMIENTO PROLONGADO, PORCENTAJE DE DAÑO TOTAL POR POLILLA														
	T1			T2			T3			T4			T5	
B1	182.6	68.55	B1	291.6	95.7	B1	200.2	55.8	B1	312	40.6	B1	336.2	44.4
	270.8			295.2			318.8			337.6			289.2	
	322.2			318.4			262.4			344.4			272.2	
	255.2	5.08%		305	6.36%		318.2	4.13%		341.4	2.47%		316.8	2.90%
	318			294.2			252			310.6			315.4	
	1348.8			1504.4			1351.6			1646			1529.8	
B2	310.2	70	B2	281.6	68.8	B2	186.4	44.2	B2	308.8	50.2	B2	322.8	42
	324			291			296.8			323.4			307	
	299.8			305.4			312.2			305.6			323.2	
	287.2	4.56%		298	4.59%		328.8	3.05%		335	3.17%		324.2	2.65%
	313.2			323.8			325.4			313			309.8	
	1534.4			1499.8			1449.6			1585.8			1587	
B3	311.8	79.3	B3	134.4	78.05	B3	308.6	42.4	B3	326.8	89.6	B3	179.6	61
	306.8			292.8			323			333.4			291.8	
	304.2			304.4			337.6			326.4			303.4	
	314.8	5.53%		312.4	5.78%		331.4	2.61%		322.8	5.57%		242.2	4.55%
	196			305.6			322.6			300.2			323.8	
	1433.6			1349.6			1623.2			1609.6			1340.8	
B4	268	130.75	B4	315.6	52.8	B4	304	52.2	B4	299.8	87.2	B4	308	45.8
	301.2			287.2			311			300			331.4	
	314			325.6			304.8			316.8			331.6	
	312.2	8.63%		305.4	3.39%		332	3.31%		281	5.77%		331.8	2.91%
	318.8			323.8			326			312.6			269	
	1514.2			1557.6			1577.8			1510.2			1571.8	
	5831	348.6		5911.4	295.35		6002.2	194.6		6351.6	267.6		6029.4	193.2
		5.98%			5.00%			3.24%			4.21%			3.20%



Anexo 2. Porcentaje de variación de daño por cada tratamiento.

VARIACION DE DAÑO POR POLILLA DE CADA TRATAMIENTO Y BLOQUE, PORCENAJE DE DAÑO POR TRATAMIENTO														
	T1			T2			T3			T4			T5	
B1	182.6	68.55	B1	291.6	95.7	B1	200.2	55.8	B1	312	40.6	B1	336.2	44.4
	270.8			295.2			318.8			337.6			289.2	
	322.2			318.4			262.4			344.4			272.2	
	255.2	3.68%		305	5.40%		318.2	3.53%		341.4	2.07%		316.8	2.00%
	318			294.2			252			310.6			315.4	
	1348.8			1504.4			1351.6			1646			1529.8	
B2	310.2	70	B2	281.6	68.8	B2	186.4	44.2	B2	308.8	50.2	B2	322.8	42
	324			291			296.8			323.4			307	
	299.8			305.4			312.2			305.6			323.2	
	287.2	3.16%		298	3.63%		328.8	2.45%		335	2.77%		324.2	1.75%
	313.2			323.8			325.4			313			309.8	
	1534.4			1499.8			1449.6			1585.8			1587	
B3	311.8	79.3	B3	134.4	78.05	B3	308.6	42.4	B3	326.8	89.6	B3	179.6	61
	306.8			292.8			323			333.4			291.8	
	304.2			304.4			337.6			326.4			303.4	
	314.8	4.13%		312.4	4.82%		331.4	2.01%		322.8	5.17%		242.2	3.65%
	196			305.6			322.6			300.2			323.8	
	1433.6			1349.6			1623.2			1609.6			1340.8	
B4	268	130.75	B4	315.6	52.8	B4	304	52.2	B4	299.8	87.2	B4	308	45.8
	301.2			287.2			311			300			331.4	
	314			325.6			304.8			316.8			331.6	
	312.2	7.23%		305.4	2.43%		332	2.71%		281	5.37%		331.8	2.01%
	318.8			323.8			326			312.6			269	
	1514.2			1557.6			1577.8			1510.2			1571.8	
5831	348.6	5911.4	295.35	6002.2	194.6	6351.6	267.6	6029.4	193.2					
	4.58%		4.04%		2.64%		3.81%		2.30%					



Anexo 3. Regresión lineal del incremento del daño por polilla vs dosis de Dipel

Anexo 4. Información de cantidad de tratamientos y bloques en Sistema SAS

Sistema SAS		
Procedimiento GLM		
Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
Bloque	4	1 2 3 4
Tratamiento	5	1 2 3 4 5
Número de observaciones		20

## Anexo 5. Prueba de Duncan

Procedimiento GLM				
Prueba del rango múltiple de Duncan para Control				
NOTA: Este test controla el índice error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.				
	Alfa	0.05		
	Error de grados de libertad	12		
	Error de cuadrado medio	1.848245		
Número de medias	2	3	4	5
Rango crítico	2.095	2.192	2.252	2.291
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.				
Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamiento	
A	5.9500	4	1	
B A	5.0300	4	2	
B A	4.2450	4	4	
B	3.2750	4	3	
B	3.2525	4	5	

## Anexo 6. Análisis de procedimiento GLM

Procedimiento GLM					
Variable dependiente: Control					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	26.55835500	3.79405071	2.05	0.1307
Error	12	22.17894000	1.84824500		
Total correcto	19	48.73729500			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Control Media	
	0.544929	31.24932	1.359502	4.350500	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	3	4.98413500	1.66137833	0.90	0.4701
Tratamiento	4	21.57422000	5.39355500	2.92	0.0672
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	3	4.98413500	1.66137833	0.90	0.4701
Tratamiento	4	21.57422000	5.39355500	2.92	0.0672