



## Control Biológico de *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) y *Tecia solanivora* (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* en papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá

## Biological Control of *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) and *Tecia solanivora* (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) by *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* in stored potatoes in Cerro Punta, Chiriqui, Panama

MANUEL I. PITTÍ ARAÚZ<sup>1</sup>, RUBÉN COLLANTES GONZÁLEZ<sup>2</sup> y LUIS C. DELGADO<sup>3</sup>

### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (*Bt-K*), como alternativa de control biológico de polillas de papa *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*, en almacenamiento en Cerro Punta, Chiriquí, República de Panamá. Para ello, se seleccionaron cinco lotes de papa, sometidos a diferentes dosis de aplicación del producto Dipel 6, 4WG (*Bt-K*). Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. También se realizó un análisis de regresión, en función de la dosis del producto y el porcentaje de daño final. Los lotes se mantuvieron almacenados durante 100 días, a temperatura y humedad controladas. Los tratamientos consistieron en dosis de Dipel 6, 4WG de 50 g hasta 90 g, fraccionados de tres hasta cinco aplicaciones. Como resultados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, manteniéndose el daño por debajo del umbral permisible.

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ciudad de David. Chiriquí-Panamá

<sup>2</sup>Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Estación Experimental Cerro Punta, Chiriquí-Panamá

<sup>3</sup>Mercados Nacionales de la Cadena de Frío, S. A., Panamá-Panamá

*Control Biológico de Phthorimaea operculella (Zeller, 1873) y Tecia solanivora (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante Bacillus thuringiensis var. Kurstaki en papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá*

El análisis de regresión permitió estimar que, sin tratamiento, el daño final en los tubérculos hubiese sido de 9,36 % ( $R^2 = 0,95$ ), lo cual supera el umbral de daño permisible de 7 %. Se concluye que, la dosis de 50 g del producto Dipel 6, 4WG fraccionado en tres aplicaciones, es suficiente para mantener los daños por polilla de papa en almacenamiento, por debajo del umbral permisible. Se recomienda repetir la experiencia con concentraciones menores de producto e incluir un testigo absoluto. También debe evaluarse el uso de *Bt-K*, en bodegas empleadas por productores.

**Palabras clave:** control biológico, polillas; productos almacenados; *Solanum tuberosum*.

## ABSTRACT

The objective of the work was to evaluate *Bacillus thuringiensis var. Kurstaki (Bt-K)*, as an alternative for biological control of potato moths *Phthorimaea operculella* and *Tecia solanivora*, in storage in Cerro Punta, Chiriquí, Republic of Panama. For this, five batches of potatoes were selected, subjected to different application dose of the product Dipel 6, 4WG (*Bt-K*). A Random Complete Block Design was used, with five treatments and four repetitions. A regression analysis was also performed, depending on the dose of the product and the percentage of final damage. The batches were stored for 100 days, at controlled temperature and humidity. The treatments consisted of doses of Dipel 6, 4WG from 50 g to 90 g, divided into three to five applications. As results, no significant differences were found between the treatments, keeping the damage below the permissible threshold. The regression analysis allowed estimating that, without treatment, the final damage in the tubers would have been 9,36 % ( $R^2 = 0,95$ ), which exceeds the permissible damage threshold of 7 %. In conclusion, the 50 g dose of Dipel6, 4WG divided into three applications, is sufficient to maintain the damage caused by potato moths in storage below the permissible threshold. It is recommended to repeat the experiment with lower concentrations of product and include an absolute control. The use of *Bt-K* should also be evaluated in warehouses used by farmers.

**Keywords:** biological control; moths; stored products; *Solanum tuberosum*.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa en Panamá, durante el periodo 2017 – 2018, según MIDA (2017), ocupó 903 ha cultivadas, contándose con 113 productores que obtuvieron una producción de 24475 t (538450 qq) de papa, siendo el rendimiento promedio unos 596 qq/ha, lo cual representó un impacto en la economía del país de 11, 20 millones de Balboas. Sin embargo, Rodríguez (2015), indicó que la superficie cosechada en Chiriquí decayó vertiginosamente. En la última década se cosecharon 1050 hectáreas; pero en el 2014, solo 797 hectáreas, lo que representa un 24 % menos.

Factores climáticos, plagas y enfermedades afectan las plantaciones, reduciendo la cosecha. La mayor parte de pérdidas en campo y almacenamiento por insectos, se atribuyen a *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora* (figura 1). Según Sporleder et al. (2004,8); Carpio et al. (2013), el incremento de la temperatura es un factor determinante en el establecimiento de la polilla de la papa en zonas elevadas, así como el aumento de la infestación debido al acortamiento de su ciclo de vida, agravado con el desarrollo de resistencia de las plagas a insecticidas para su control.

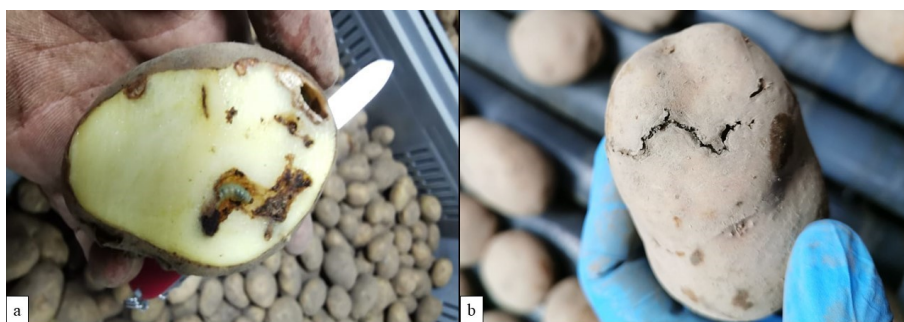


Figura 1. Daños por polillas de papa: a) *Phthorimaea operculella*; b) *Tecia solanivora*.

En países como Colombia, se estiman pérdidas hasta de un 20 % ocasionadas por 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).

Por todo lo expuesto, surge la necesidad de evaluar y validar alternativas biológicas para el control de plagas, a fin de reducir riesgos para la salud humana y el ambiente. El objetivo del presente

*Control Biológico de Phthorimaea operculella (Zeller, 1873) y Tecia solanivora (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante Bacillus thuringiensis var. Kurstaki en papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá*

estudio fue evaluar *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (*Bt-K*), como alternativa de control biológico de polillas de papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, República de Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Manejo Post Cosecha de Cerro Punta, Distrito de Tierras Altas. Fue instalado en una de las cámaras para curado de papa (CP1), la cual es un recinto con paredes, techo y piso aislado térmicamente. En adición, la cámara posee control para la infiltración de aire y sistema con control lógico programable (PLC), para la recirculación del aire a temperatura y humedad controlada. La ejecución del experimento inició en agosto de 2019 y culminó en diciembre de 2019, cumpliendo el almacenamiento prolongado por tres meses.

Se estableció un Diseño de Bloques Completos al Azar, de cinco tratamientos y cuatro repeticiones (figura 2); al ser un diseño conveniente para la toma y análisis de datos. Si bien el almacenamiento de la papa se dio en ambientes controlados, la ubicación y disposición de unidades experimentales, puede tener un efecto en el comportamiento de las variables a analizar; dada la cercanía o lejanía de la puerta de ingreso, la ubicación del ventilador respecto a los bloques, principalmente. Se utilizaron 34 t de papa variedad Granola; siendo 6, 8 t de tubérculos por tratamiento. Se utilizó el insecticida microbiológico Dipel (*Bt-K*), con su formulación en Gránulos dispersables en agua a 6, 4 WG. Debido a que los tubérculos ingresaron con daño inicial causado en campo por estados larvarios, se realizó inspección periódica cada dos días, con la finalidad de alertar la posible presencia de adultos. Sin embargo, durante el experimento, al no observarse polillas, no fue requerido implementar medidas de aislamiento ni control adicionales.

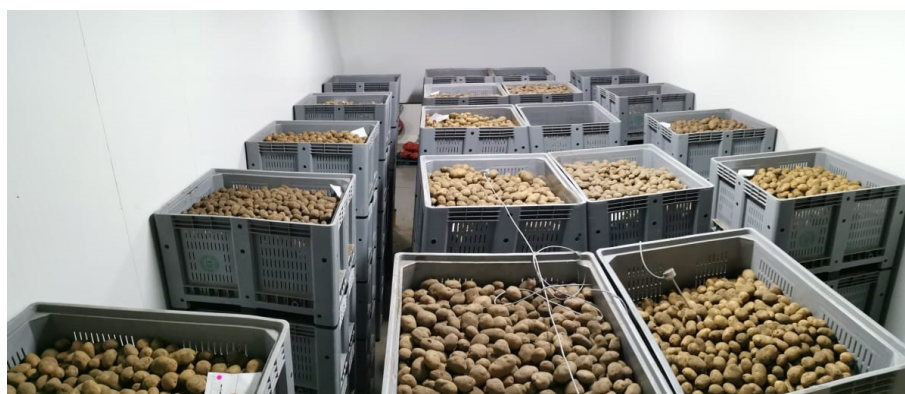


Figura 2. Configuración del diseño experimental.

Se diluyó el producto en agua en un vaso químico (figura 3), a la concentración correspondiente a cada tratamiento, para aplicarse mediante nebulizador eléctrico en frío, cuya dispersión de las partículas es de 15 a 30 micrones (figura 4). Se configuró el control lógico programable (PLC), para el descenso controlado de temperatura de los distintos lotes desde la temperatura ambiente hasta 13°C, y la estabilización a 80 % HR, que son condiciones específicas para la generación de corteza externa. (figura 5). El proceso descrito, se completa durante los primeros 23 días, para luego continuar con el descenso de la temperatura hasta 10 °C, durante 13 días, reiniciando el descenso de la temperatura hasta los 7 °C, permaneciendo la papa 54 días almacenada.



Figura 3. Dipel diluido. Figura 4. Nebulizador. Figura 5. Controlador Programable.

Los procesos para descenso de temperatura se llevan controladamente a no más 0,5 °C cada 24 horas y a una humedad relativa constante de 80 %. Los tratamientos empleados fueron los siguientes:

- T1: *Bt* – *K* (Dipel 6, 4 WG) a la dosis de 50 g para 6, 80 t de tubérculo, dividido en tres aplicaciones durante el almacenamiento; la primera y segunda aplicación con dosis de 15g y la tercera de 20 g antes de bajar la temperatura a 10 °C, en total 50g.
- T2: *Bt-K* (Dipel 6,4 WG) a la dosis de 60 g para 6, 80 t de tubérculo, dividido en tres aplicaciones durante el almacenamiento; la primera y segunda aplicación con dosis de 20g y la tercera de 20 g antes de bajar la temperatura a 10 °C, en total 60g.
- T3: *Bt-K* (Dipel 6, 4 WG) a la dosis de 80 g para 6, 80 t de tubérculo, dividido en tres aplicaciones durante el almacenamiento; la primera y segunda aplicación con dosis de 30g y la tercera de 20 g antes de bajar la temperatura a 10 °C, en total 80g.



*Control Biológico de Phthorimaea operculella (Zeller, 1873) y Tectia solanivora (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante Bacillus thuringiensis var. Kurstaki en papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá*

- T4: *Bt-K* (Dipel 6, 4 WG) a la dosis de 70 g para 6, 80 t de tubérculo, dividido en cuatro aplicaciones durante el almacenamiento; la primera y segunda aplicación con dosis de 15g y la tercera aplicación 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: *Bt-K* (Dipel 6, 4 WG) a la dosis de 90 g para 6, 80 t de tubérculo, dividido en cinco aplicaciones durante el almacenamiento; la primera y segunda aplicación con dosis de 15g y la tercera aplicación de 20 g antes de bajar la temperatura a 10 °C, la cuarta aplicación con dosis de 20 g a la temperatura de 7 °C, la quinta aplicación con dosis de 20 g al subir la temperatura a 13 °C, en total 90 g.

Para ningún tratamiento se hizo infestación inicial con polillas. Se realizó una evaluación del porcentaje de daño inicial, causado por *P. operculella* y *T. solanivora*, con presencia de signos y síntomas en tubérculos traídos de campo. Se contó con el apoyo de personal calificado para el muestreo inicial y la evaluación de los tubérculos. Al cumplirse 95 días de almacenamiento, se evaluó la actividad del producto Dipel 6, 4WG sobre *P. operculella* y *T. solanivora*. Todas las papas con daños por polillas fueron extraídas y pesadas, para calcular porcentaje de daño final en almacén (figura 6).



Figura 6. Evaluación del daño final causado por polillas durante almacenamiento prolongado. 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. Para determinar el porcentaje de tubérculos dañados durante el almacenamiento, se empleó la siguiente fórmula:

$$\%DDA = \left( \frac{\text{PesoTDPR}}{1,7 \text{ toneladas de tubérculo}} \right) \times 100 - \%DIPR$$

Donde:

%DDA = Porcentaje de daño durante el almacenamiento

PesoTDPR = Peso de tubérculo dañado por repetición

%DIPR = Porcentaje de daño inicial por repetición

Los valores obtenidos se analizaron mediante un ANOVA, a una confianza del 95 %. Debido a experiencias previas, en las cuales el daño por polillas durante almacenamiento, en las mismas condiciones de humedad y temperatura controladas, llegó a ser de hasta 10 %; en el presente experimento se omitió el testigo absoluto. Por ello, se desarrolló un análisis de regresión, entre la dosis de producto y el porcentaje de daño de tubérculos en almacenamiento.

## RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos, el porcentaje más alto de daños causados por polillas fue bajo el tratamiento 1; mientras que el tratamiento 5 logró tener menor porcentaje de daño final (tabla 1). Sin embargo, todos los tratamientos estuvieron por debajo del umbral de daño permisible de 7 %. Adicionalmente, es meritorio indicar que, durante la experiencia, no se observó deterioro por otros agentes (hongos, bacterias, etc.), por lo cual dichos daños son atribuibles a las polillas.

Tabla 1. Porcentajes de daño causados por polillas en cada tratamiento

Tratamiento	Daño inicial de campo	Daño Final	Daño durante el almacenamiento
T1	1,40 %	5,98 %	4,58 %
T2	0,96 %	5,00 %	4,04 %
T3	0,60 %	3,24 %	2,64 %
T4	0,40 %	4,21 %	3,81 %
T5	0,90 %	3,20 %	2,30 %

De acuerdo con el ANOVA (tabla 2), a un 95 % de confianza, no se encontraron diferencias

*Control Biológico de Phthorimaea operculella (Zeller, 1873) y Tecia solanivora (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante Bacillus thuringiensis var. Kurstaki en papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá*

significativas entre los tratamientos aplicados, respecto al daño por polillas en almacén.

Tabla 2. ANOVA del daño por polillas en almacén frente a los tratamientos evaluados

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr >F
Bloques	3	4,98	1,66	0,90	0,47
Tratamientos	4	21,57	5,39	2,92	0,07
Error	12	22,18	1,85		
Total	19	48,73			

De acuerdo con el análisis de regresión (figura 7), de no haberse realizado algún tipo de tratamiento a los tubérculos, el daño final hubiese sido de 9,36 % ( $R^2 = 0,95$ ), lo cual supera el umbral de daño permisible de 7 %.

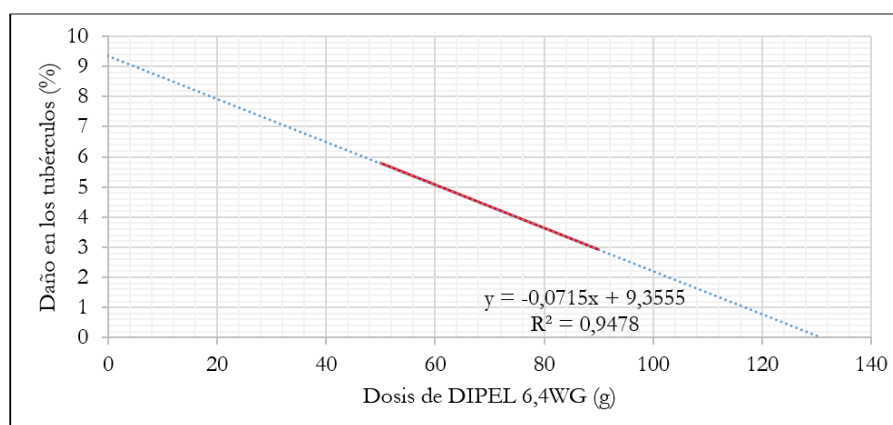


Figura 7. Análisis de regresión entre la dosis de DIPEL 6,4WG (g) y el daño en los tubérculos (%).

## DISCUSIÓN

En Egipto, de acuerdo con Farrag (1998), otra preparación de *Bt-K* (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. Esto concuerda con lo expuesto por López (2008), quien para Perú indicó que, daños por *P. operculella* pueden ser de hasta un 100%, razón por la cual no es conveniente el dejar tubérculo sin alguna alternativa de



control o manejo.

Por su parte, [Raman et al. \(1987\)](#), encontraron también que *Bt-K* (Dipel), fue efectivo reduciendo el daño de alimentación en el almacenamiento cuando se aplicó como formulación en polvo. Debido a las condiciones de manejo del producto, 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.

En muchas partes del mundo, también se ha evaluado *Bt* y otros métodos no químicos para el control de *P. operculella* después de la cosecha en almacenes de papa tradicionales (no refrigerados), según lo manifestado por [Lacey et al. \(2010\)](#); pero pocos son los estudios que muestran la efectividad de *Bacillus thuringiensis* en condiciones de temperaturas bajas en almacenamiento. Por su parte, [García et al. \(2018\)](#), indicaron que, la conservación de aislados nativos de *Bt-K* se realizó a 4 °C; lo cual explicaría el por qué, aunque la temperatura disminuyó hasta 7 °C durante el almacenamiento, pudo ocurrir el efecto insecticida.

De no haberse aplicado algún tipo de tratamiento sobre los tubérculos, esto hubiese representado una pérdida estimada de 1800 hasta 2000 dólares por hectárea, considerando un rendimiento promedio de 600 qq/ha. Sin embargo, es meritorio en futuros estudios considerar un testigo.

## CONCLUSIONES

En conclusión, *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, representa una alternativa eficaz de control biológico para polillas de papa en almacenamiento. La dosis de 50 g del producto Dipel 6, 4WG fraccionado en tres aplicaciones, es suficiente para mantener las afectaciones por polilla de papa en almacenamiento, por debajo del umbral de daño permisible. Se recomienda repetir la experiencia con concentraciones menores de producto e incluir un testigo absoluto. También debe evaluarse la eficacia del *Bt* en bodegas de productores.

## AGRADECIMIENTOS

A los Docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, por las recomendaciones dadas para el presente trabajo. A la Alta Gerencia de los Mercados Nacionales de la Cadena de Frío, S. A., por la confianza depositada. A la Magister Maricsa Jerkovic, Gerente del

*Control Biológico de Phthorimaea operculella (Zeller, 1873) y Tectia solanivora (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante Bacillus thuringiensis var. Kurstaki en papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá*

CMPC Cerro Punta, por el apoyo logístico brindado durante la ejecución de la investigación. Al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por el apoyo técnico-científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carpio, C.; Dangles, O.; Dupas, S.; Léry, X.; López-Ferber, M.; Orbe, K.; Páez, D.; Rebaudo, F.; Santillán, A.; Yangari, B.; Zeddám, J-L. 2013. Development of a viral biopesticide for the control of the Guatemala potato tuber moth *Tectia solanivora*. *Journal of Invertebrate Pathology* 112 : 184 – 191. <<https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.11.014>>
- 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
- García, A.; Reyes, A.; Ruíz, E.; Ibarra, J. 2018. Aislados nativos de *Bacillus thuringiensis* del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(3):539–551. <<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1213>>
- Lacey, L.; Headrick, H.; Horton, D.; 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(4): 437 – 447. <<https://doi.org/10.1080/09583150903522125>>
- López, E. 2008. Efectividad del Virus Granulosis frente al ataque de *Phthorimaea operculella* (Zeller) en tubérculos de papa bajo condiciones de almacenamiento en el Valle del Mantaro. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-PE. 104 p. (en línea). <<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/73/AGR-517.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>[Consulta: 29 – 9 – 2020].
- 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* 302(2): 93 – 98. <<https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2009.01821.x>>
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2017. Información General, Año 2017 – 2018. Dirección de Agricultura, Unidad de Planificación. 57 p. (en línea). <[https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/2017-2018cierre\(1\).pdf](https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/2017-2018cierre(1).pdf)>[Consulta: 29 – 9 – 2020].

*Manuel I. Pittí Araúz, Rubén Collantes González y Luis C. Delgado*

Raman, K.; Booth, R.; Palacios, M. 1987. Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in rustic potato stores. *Tropical Science* 27: 175 – 194.

Rodríguez, M. 2015. Mejora la producción de papas y zanahorias. La estrella de Panamá. (en línea). <<https://www.laestrella.com.pa/economia/151202/papas-mejora-produccion-zanahorias>>[Consulta: 9 – 8 – 2020].

Sporleder, M.; Kroschel, J.; Gutierrez, M.; Lagnaoui, A. 2004. A Temperature-based Simulation Model for the Potato Tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Environmental Entomology* 33(3): 477 – 486. <<https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.3.477>>

Sporleder, M.; Zegarra, O.; Rodríguez, E.; Kroschel, J. 2008. Effects of temperature on the activity and kinetics of the granulovirus infecting the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Biological Control* 44(3): 286 – 295. <<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.10.021>>

Fecha de recepción: 08/09/2020

Fecha de aceptación: 26/10/2020

### **Correspondencia**

Rubén Collantes González

rdcg31@hotmail.com