

ARTÍCULO CIENTÍFICO

A laboratory method for rearing Andean potato weevil *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae)

Método de cría en laboratorio del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae)

Ricardo Pérez¹, Jennifer Garza², Jorge Argüelles-Cárdenas³

ABSTRACT

The Andean potato weevil, *Premnotrypes vorax*, is considered one of the most important pests of the potato crops in Colombia. In this work, a laboratory method for rearing *P. vorax* is described. All developmental stages of the insect can be obtained with this method, for experimental purposes. In addition, adult longevity and fecundity were determined for the establishment of the potential growth of the colony under the evaluated conditions. Adults were kept in plastic boxes, which were provided with a soil layer, potato leaves for feeding and dry straw for oviposition. The dry straw with egg clutches were disinfected and incubated in Petri dishes under controlled conditions of temperature and humidity. The most suitable maintaining conditions for individuals in the period from larva to adult were determined by evaluating two different feed types for larvae, three pupation substrates and three larval densities per tuber. The best conditions were obtained with potato tubers from the “parda pastusa” variety (> 80 g), on sterilized soil and peat moss in 3:1 ratio, and less than ten larvae per tuber. This rearing method can produce two or three generations per year, with an increase rate close to 17% per generation. This rearing method becomes a useful tool for bioecological studies, and to evaluate control methods for this insect.

Keywords: Fecundity, Andean weevil, longevity, pest, survival.

RESUMEN

El gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* es considerado uno de los insectos plaga más limitantes del cultivo de la papa en Colombia. En este trabajo se describe un método para la cría de *P. vorax* en condiciones de laboratorio, con el que se puede obtener individuos de todos los estados de desarrollo para su uso con propósitos experimentales. Adicionalmente, se determinó la longevidad y fecundidad de los adultos para establecer el potencial de crecimiento de la cría en las condiciones evaluadas. Los adultos se mantuvieron en recipientes plásticos provistos de una capa de suelo, follaje de papa para la alimentación y pajillas para la oviposición. Las pajillas con posturas se desinfectaron y luego se incubaron en cajas de Petri en condiciones de temperatura y humedad controladas. Las condiciones más adecuadas para el mantenimiento de los individuos durante el período larva-adulto se determinaron evaluando dos tipos de alimento para las larvas, tres sustratos para pupar y tres densidades de larvas por tubérculo. Las mejores condiciones se obtuvieron con tubérculos de la variedad parda pastusa (> 80 g), sobre un sustrato de suelo esterilizado y turba en proporción 3:1 y a una densidad no mayor a diez larvas por tubérculo. Con este método de cría se podrían esperar de dos a tres generaciones del insecto por año con una tasa de incremento cercana al 17% por generación. Este método de cría se constituye en una herramienta para facilitar la realización de estudios bioecológicos del insecto y evaluar métodos para su control.

Palabras clave: fecundidad, gorgojo de los Andes, longevidad, plaga, supervivencia.

INTRODUCCIÓN

EL GUSANO BLANCO DE LA PAPA *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae) es una de las 14 especies del complejo denominado “gorgojos de los Andes” que atacan el cultivo de la papa. Esta especie se encuentra distribuida en Colombia, Ecuador, Venezuela y Perú donde se registra como una de las plagas clave del cultivo (Alcázar y Cisneros, 1999). El gusano blanco en su estado adulto se alimenta principalmente de las hojas de la papa, pero el daño de importancia económica es ocasionado por las larvas, que al alimentarse de los tubérculos hacen galerías que afectan la calidad del producto. Las pérdidas

Radicado: 25 de febrero de 2009
Aprobado: 7 de mayo de 2009

¹ Biólogo. Grupo de Manejo Fitosanitario, C.I. Tibaitatá, Corpoica, Mosquera. mperez@corpoica.org.co

² Bióloga. Universidad Militar Nueva Granada. jgarza@javeriana.edu.co

³ I.A. M.Sc. Investigador máster principal, Grupo de Manejo Fitosanitario, C.I. Tibaitatá, Corpoica, Mosquera. jarguelles@corpoica.org.co

en rendimiento ocasionadas por el gusano blanco oscilan entre 5% y 50% dependiendo del nivel de población y del manejo del cultivo (Niño *et al.*, 2004).

Con el fin de disminuir los daños causados por *P. vorax*, se han propuesto varios métodos para su manejo como la utilización de barreras vegetales, las prácticas culturales y la aplicación de bioplaguicidas (Calvache, 1985; Yabar, 1988; Calvache y Posada, 1991; Torres *et al.*, 2004). No obstante, la medida más utilizada por los agricultores es el uso de insecticidas químicos como carbamatos, piretroides y organofosforados (Torres *et al.*, 2004). En la mayoría de los casos, los insecticidas son aplicados sin justificación técnica y sólo con el criterio de proteger la cosecha contra el eventual ataque de la plaga (López-Ávila, 2003). Esta situación ha originado problemas de contaminación ambiental, crecimiento de plagas secundarias y efectos nocivos para la salud de los agricultores (Crissman *et al.*, 1994; Yanggen *et al.*, 2003).

Frente a este panorama, es necesario el desarrollo de nuevas estrategias para el manejo de la plaga, fundamentadas en un conocimiento sólido de los aspectos biológicos, ecológicos y del comportamiento del insecto. En este sentido, numerosos estudios referidos a la biología, ecología y manejo de *P. vorax* requieren de protocolos para su cría. Entre los estudios que se beneficiarían del desarrollo de un método de cría para el insecto se cuentan aquellos relacionados con la respuesta del ciclo de vida a condiciones ambientales específicas, estudios relativos a los hábitos y comportamiento reproductivo, y la evaluación de enemigos naturales.

En cuanto al mantenimiento y producción de una cría del gusano blanco, se pueden señalar dos limitantes de especial relevancia. En primer lugar, la larga duración del ciclo de *P. vorax*, ya que se puede prolongar hasta por nueve meses (Calvache, 1986). Esto se traduce en solo una o dos generaciones del insecto por año, lo que dificulta disponer de una continua provisión de individuos. Por otro lado, la elevada mortalidad que se presenta durante el período larva-adulto del insecto limita en gran medida la cantidad de individuos que llegan a la etapa reproductiva (Kühne, 2007).

En estudios anteriores se han ajustado metodologías para la cría del gusano blanco en condiciones de casa de malla (Torres, 1996). Estas metodologías permiten la obtención de adultos, pero demandan una considerable cantidad de espacio, labor y recursos. Otros estudios han reportado la cría del insecto en condiciones de laboratorio, pero la descripción de las metodologías utilizadas no son lo suficientemente detalladas para que puedan ser replicadas en estudios posteriores (Mejía, 1995; Garzón *et al.*, 1996; Torres, 1996; Barea *et al.*, 1997; Niño *et al.*, 2004; Kühne, 2007). Aspectos básicos para el mantenimiento de las crías de *P. vorax* en condiciones de laboratorio como

tipo de sustrato, niveles de humedad y unidades de producción empleadas no han sido documentados detalladamente. Además, las crías sobre dietas artificiales y semiartificiales no han resultado exitosas (Zenner, 1990). Por otra parte, los sistemas de cría en laboratorio desarrollados para otras especies de la subfamilia Entiminae a la que pertenece *P. vorax* no se adecuan a los hábitos y requerimientos ecológicos del gusano blanco (Elder *et al.*, 1979; Shimoji y Yamagishi, 2002; Fisher, 2006).

Este trabajo tiene por finalidad proponer un método para la cría de *P. vorax* en condiciones de laboratorio, enfatizando en las condiciones para el mantenimiento del período larva-adulto. Adicionalmente, se determinó la longevidad y fecundidad de los adultos para establecer el potencial de crecimiento de la cría de *P. vorax* en las condiciones evaluadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Ecología y Comportamiento de Insectos del Centro de Investigación Tibaitatá de Corpoica, localizado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca, Colombia) a una altitud de 2550 msnm. Para el establecimiento de la cría de *P. vorax* en laboratorio, inicialmente se colectaron adultos de la plaga en cultivos de papa del municipio de Motavita (Boyacá, Colombia). Las colonias del insecto fueron mantenidas en cuartos de cría a una temperatura de $19^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa de 50% - 70%.

Método de cría en laboratorio

Adultos. Se identificó el sexo de los adultos colectados en campo y se confinaron en grupos de diez parejas en cubetas plásticas semitransparentes (22 cm de ancho, 22 cm de largo y 10 cm de alto), que contaban con una zona de aireación en la tapa. Cada cubeta estaba provista de una capa de suelo de 6 cm de espesor, follaje de papa (*Solanum phureja* cv. yema de huevo) para la alimentación de los insectos y pajillas para la oviposición (trozos de tallos secos de gramíneas de 3 a 4 cm de largo y 1,5 a 2 mm de diámetro). Cada tres días se asperjó el suelo con 40 mL de agua destilada y se renovó el alimento. Los recipientes con adultos se mantuvieron bajo un fotoperíodo controlado de 12 h : 12 h (luz : oscuridad).

Huevos. Las pajillas se revisaban diariamente y al encontrar posturas en su interior, se desinfectaban sumergiéndolas durante cinco minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 0,05%. Luego de la desinfección, las pajillas con posturas se colocaban individualmente en cajas de Petri de 9 cm de diámetro, cuyo fondo estaba cubierto con papel toalla. Para mantener la hidratación de las posturas, el papel fue humedecido con 0,3-0,4

mL de agua destilada (i.e. 5 gotas) cada tres días. En los momentos previos a la eclosión de los huevos, cuando las cápsulas cefálicas de las larvas comenzaron a ser visibles, los bordes de las cajas de Petri se sellaron con papel de vinilo para impedir que las larvas neonatas se escaparan. Las cajas de Petri con las posturas se mantuvieron bajo un fotoperíodo de 12 h : 12 h (luz : oscuridad) y fueron revisadas diariamente para determinar la duración del período de incubación y el porcentaje de eclosión.

Larva-adulto. Evaluaciones previas efectuadas en este trabajo de investigación demostraron que la manipulación de los individuos de *P. vorax* en estado de larva o pupa ocasiona altos niveles de mortalidad. Por esta razón, durante el desarrollo del presente método de cría se realizó el seguimiento de la fase larva-adulto (período comprendido entre la eclosión de los huevos y la emergencia de los adultos libres) sin manipular los individuos durante sus estados intermedios. Además, con el propósito de determinar las condiciones más adecuadas para el mantenimiento de los insectos durante el período larva-adulto, se realizaron tres experimentos.

En el primer experimento se evaluó el efecto del sustrato de alimentación para las larvas en la supervivencia y duración del período larva-adulto del insecto. Para ello se probaron dos tipos de alimento para las larvas: tubérculos de *Solanum tuberosum* var. parda pastusa y tubérculos de *Solanum phureja* cv. yema de huevo. Para el montaje de las unidades experimentales, se emplearon recipientes plásticos semitransparentes de 12 cm de diámetro por 7 cm de altura. En la base de cada recipiente se dispuso una capa de 4 cm de espesor de un medio para la formación de la pupa consistente en una mezcla de suelo cernido (tamiz de 0,5 mm de apertura) y turba en proporción 3:1. Sobre el medio para pupar se colocó un tubérculo (> 60 g) previamente desinfectado por medio de lavado con agua destilada y jabón lavaplatos. Finalmente, el tubérculo fue cubierto con una capa de 1 cm de espesor del medio para la formación de la pupa.

Para la ventilación de los recipientes, se adaptó una malla en la parte superior ajustada con una banda elástica y para mantener las condiciones de humedad, los recipientes fueron asperjados con 40 mL de agua destilada cada tres días. En cada unidad experimental se liberaron 10 larvas neonatas que se desarrollaron sin manipulación y en condiciones de completa oscuridad. Cada tratamiento se replicó diez veces y al final del experimento se registró el número de adultos emergidos, el tiempo de duración del período larva-adulto y la relación de sexos.

En el segundo experimento se evaluó el efecto del tipo de sustrato para la formación de la pupa sobre la supervivencia y duración del período larva-adulto. Se evaluaron

tres sustratos: (1) suelo cernido esterilizado, (2) mezcla de suelo cernido sin esterilizar y turba en proporción 3:1 y (3) mezcla de suelo cernido esterilizado y turba en proporción 3:1. El suelo fue cernido pasándolo por un tamiz de 5 mm de apertura, y la esterilización se efectuó en autoclave exponiéndolo a una temperatura de 120°C durante cuatro horas. El montaje de las unidades experimentales se realizó de manera similar a la del primer experimento, pero con tubérculos de *S. tuberosum* var. parda pastusa y modificando los sustratos para pupar de acuerdo con el tratamiento. Cada tratamiento se replicó diez veces y al final del experimento se registró el número de adultos emergidos, el tiempo de duración del período larva-adulto y la relación de sexos.

En el tercer experimento se evaluó el efecto de la densidad de larvas por tubérculo, para lo cual se probaron tres densidades: (1) seis larvas por tubérculo, (2) diez larvas por tubérculo y (3) 15-20 larvas por tubérculo. El montaje de las unidades experimentales se realizó de manera similar a la del primer experimento, pero con tubérculos de *S. tuberosum* var. parda pastusa y modificando la densidad de larvas neonatas de acuerdo con el tratamiento. Cada tratamiento se replicó diez veces y al final del experimento se registró el número de adultos emergidos, el tiempo de duración del período larva-adulto y la relación de sexos.

Los tres experimentos se organizaron según un diseño completamente al azar. La normalidad y homogeneidad de varianzas de cada una de las variables se comprobó con la prueba de Shapiro-Wilk y la de Levene, respectivamente ($\alpha = 0,05$). Los valores de duración del período larva-adulto, porcentaje de emergencia de adultos y la relación de sexos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). Cuando los datos no se distribuyeron normalmente, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Todos los análisis se hicieron utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS Institute, 2005).

Determinación de la longevidad y fecundidad

Con el propósito de determinar el potencial de crecimiento de la cría de *P. vorax* en cuanto a la fecundidad y longevidad de los individuos, se llevó a cabo el seguimiento de una cohorte de 90 adultos (45 parejas). Dicha cohorte provino de la primera generación de los individuos empleados en los tres experimentos mencionados anteriormente. A los adultos recién emergidos (< 24 h edad) se les determinó su sexo y posteriormente se les ubicó por parejas en recipientes plásticos (12 cm diámetro por 7 cm de alto). Cada recipiente estaba acondicionado con una capa de suelo de 1,5 cm de espesor, hojas y rodajas de tubérculos de *S. tuberosum* (var. parda pastusa) para la alimentación

y tres pajillas para la oviposición. Para permitir el flujo de aire, los recipientes se cubrieron con muselina asegurada con una banda elástica. Para el mantenimiento de los recipientes, cada tres días se hacía la aspersión al suelo de 15 mL de agua destilada y se renovaba el alimento. La recolección de las pajillas con posturas se realizaba cada ocho días, reponiendo por nuevas las que eran sustraídas. Las pajillas con posturas fueron ubicadas en cajas de Petri para posteriormente hacer el conteo del número de huevos. Mediante la observación periódica de cada uno de los recipientes, se registró la longevidad de los adultos, la fecundidad y la duración de los períodos de preoviposición y oviposición de la hembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ciclo de desarrollo

Huevos

A partir del seguimiento y análisis de 81 posturas, se estimó un promedio de $15,5 \pm 10,8$ huevos/postura y una duración de $21,9 \pm 3,2$ días para el estado de huevo. Estos resultados son semejantes a los hallados por Zenner y Posada (1968), quienes encontraron grupos de 15 a 30 huevos por postura y una duración de 21,2 días para el estado de huevo. Con respecto a la fertilidad, se encontró una eclosión de $81,5\% \pm 14,8\%$, que es comparable con los resultados obtenidos por Mejía (1995) y Salazar (1996), quienes trabajando en condiciones de laboratorio reportaron valores de 76,2% y 81,8% respectivamente. Estos resultados indican que los métodos implementados para el mantenimiento de las posturas de *P. vorax* fueron adecuados y no tienen un efecto negativo sobre la duración del estado de huevo ni la fertilidad.

Además, se encontró que las condiciones generadas por los métodos utilizados para el mantenimiento de la humedad y para la desinfección de las posturas de *P. vorax* produjeron una mortalidad de 7,3% sobre el estado de huevo (4,2% debido a desecación y 3,1% por ataque de hongos). Este valor puede considerarse relativamente bajo comparado con los resultados obtenidos en estudios anteriores, donde se han registrado niveles de mortalidad superiores a 20% (Mejía, 1995). Teniendo en cuenta lo anterior, dichos métodos podrían considerarse adecuados para el mantenimiento de las posturas del insecto.

La temperatura de incubación y las condiciones de humedad de las posturas son dos aspectos de gran importancia para el mantenimiento de las crías del gusano blanco, por lo que se recomienda tenerlos en cuenta para perfeccionar los métodos de cría. De acuerdo con Molleda (1961), temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 25°C aumentan la mortalidad de los huevos del gusano blanco y disminuyen su fertilidad. Por lo tanto, los individuos en estado de huevo deberían mantenerse a temperaturas entre 10°C y 22°C, que es el rango donde se han registrado mayores niveles de supervivencia (Garzón *et al.*, 1996). Por su parte, la humedad también puede afectar la supervivencia de los huevos de *P. vorax*. Niveles de humedad altos pueden favorecer las infecciones fúngicas o bacterianas y generar la muerte de los individuos, mientras que bajos niveles de humedad pueden ocasionar la muerte debido a la desecación (Mejía, 1995). Los resultados del presente estudio permiten proponer que para el mantenimiento de las condiciones de humedad de las posturas, éstas sean ubicadas en cajas de Petri en cuyo fondo se debe colocar papel toalla. Además, dicho papel debe ser humedecido con 0,3 a 0,4 mL de agua destilada cada tres días.

Larva-adulto

En la fase larva-adulto se encontraron porcentajes de supervivencia que variaron entre 12% y 35%. Estos valores, aunque bajos, concuerdan con el estudio de Kühne (2007) que registró, para *Premnotrypes suturicallus* Kuschel, una supervivencia inferior a 30% en similares condiciones de laboratorio. En cuanto a la duración promedio del período larva adulto, se encontraron valores que variaron entre 92 y 100 días, los cuales también coinciden con los reportes de la literatura (Zenner y Posada, 1968; Calvache, 1986; Gallegos, 1989; Niño *et al.*, 2004).

Efecto del tipo de alimento para las larvas. No se encontraron diferencias significativas en la supervivencia (ANOVA; $F = 0,8413$; $gl = 1$ y 15 ; $p = 0,3735$) ni en la duración del ciclo (ANOVA; $F = 0,3463$; $gl = 1$ y 41 ; $p = 0,5595$) entre los individuos expuestos a los dos tipos de alimento. Cuando los individuos se expusieron a tubérculos de *S. tuberosum*, el porcentaje de supervivencia y la duración del período larva adulto fue 24,4% y $94,1 \pm 11,1$ días, respectivamente. Para los individuos alimentados con tubérculos de *S. phureja*, se registró una supervivencia de 35,6% y una duración del ciclo de $92,3 \pm 9,4$ días (tabla 1).

Tabla 1. Efecto del tipo de sustrato de alimentación para las larvas sobre la supervivencia, duración del período larva-adulto y relación de sexos de *P. vorax*

Tipo de alimento para las larvas	Supervivencia del período larva-adulto (%)	Duración del período larva-adulto (días)	Relación de sexos (macho : hembra)
Tubérculos <i>S. tuberosum</i>	$24,4 \pm 18,9$ a (12,7 - 36,1)	$94,1 \pm 11,1$ a (89,5 - 98,8)	1,06 : 1 a
Tubérculos <i>S. phureja</i>	$35,6 \pm 31,6$ a (12,2 - 59,0)	$92,3 \pm 9,4$ a (88,3 - 96,3)	1,72 : 1 a

En cada columna, promedios (\pm DE) seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p < 0,001$). Los números entre paréntesis representan los intervalos de confianza al 95%.

En cada columna, promedios (\pm DE) seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p < 0,001$). Los números entre paréntesis representan los intervalos de confianza al 95%.

Estos resultados indican que los dos tipos de alimento evaluados aportan los requerimientos nutricionales necesarios para el desarrollo de las larvas del gusano blanco. Sin embargo, algunas características relativas a los tubérculos permiten recomendar la utilización de *S. tuberosum* para el mantenimiento de las crías de *P. vorax*. Los tubérculos de *S. tuberosum* presentan un proceso de envejecimiento fisiológico más lento que los de *S. phureja*, lo que hace que los tubérculos duren más tiempo turgentes y sin brotes. En contraste, los tubérculos de *S. phureja* tienen una rápida brotación y alcanzan el estado de senectud con mayor celeridad (Moreno, 2000). Cabe anotar que la brotación de los tubérculos supone dificultades metodológicas para la cría, ya que los brotes deben cortarse para evitar que rompan la muselina que cubre los recipientes.

Efecto del tipo de sustrato para la formación de la pupa. No se detectaron diferencias significativas en la supervivencia del período larva-adulto entre los diferentes sustratos evaluados (Kruskall-Wallis; $H_{2,27} = 1,7342$; $p = 0,4202$). En el medio de suelo cernido esterilizado (sustrato uno) la supervivencia fue de 20,9%; en la mezcla de suelo cernido sin esterilizar y turba (sustrato dos), fue de 24,4%; y en la mezcla de suelo cernido esterilizado y turba (sustrato tres) se registró una supervivencia de 12,5%. Tampoco hubo diferencias significativas en la duración del período larva-adulto entre los sustratos evaluados (ANOVA; $F = 0,4598$; $g.l. = 2$ y 49 ; $p = 0,6341$); las duraciones fueron $95,9 \pm 5,3$ días en el sustrato uno, $94,1 \pm 11,1$ días en el sustrato dos y $93,1 \pm 3,6$ días en el sustrato tres (tabla 2).

Estos resultados indican que los insectos durante el período larva-adulto se desarrollan de manera similar en los tres sustratos evaluados. A pesar de no existir diferencias significativas, las observaciones experimentales permiten recomendar el sustrato formado por la mezcla de suelo cernido esterilizado y turba, ya que éste permite una mejor infiltración del agua, mejorando la retención de humedad y disminuyendo la aparición de entomopatógenos. Estas observaciones concuerdan con el estudio de Fisher y Bruck (2004), quienes mencionan la importancia de la esterilización de los sustratos empleados en la cría de curculiónidos.

En varios estudios se han realizado recomendaciones adicionales para la selección del sustrato para la formación de la pupa del gusano blanco. Por ejemplo, Torres (1996) recomienda no utilizar sustratos con arena ya que tienden a perder humedad y compactarse, lo que afecta el desarrollo de la pupa y la emergencia de los adultos. Otras recomendaciones incluyen la utilización de mezcla de suelo con cascarilla de arroz o musgo con el fin de mejorar la retención de humedad de los sustratos (Torres, 1996; Niño *et al.*, 2004).

Efecto de la densidad de larvas por tubérculo. No se encontraron diferencias significativas en la supervivencia (Kruskall-Wallis; $H_{2,20} = 2,0418$; $p = 0,3603$) ni en la duración del período larva-adulto (ANOVA; $F = 0,5944$; $g.l. = 2$, 32 ; $p = 0,5579$) entre las densidades evaluadas. Para las densidades de 6, 10 y 15-20 larvas por tubérculo, se encontraron porcentajes de supervivencia de 25,0%, 12,5% y 13,5%, respectivamente. Por su parte, la duración registrada para el período larva-adulto fue de $100,2 \pm 5,3$ días, $93,1 \pm 3,6$ días y $97,1 \pm 13,7$ días para las densidades de 6, 10 y 15-20 larvas por tubérculo, respectivamente (tabla 3).

Tabla 2. Efecto del tipo de sustrato para la formación de la pupa sobre la supervivencia, duración del período larva-adulto y relación de sexos de *P. vorax*

Tipo de sustrato para la formación de la pupa	Supervivencia del período larva-adulto (%)	Duración del período larva-adulto (días)	Relación de sexos (macho : hembra)
Suelo cernido esterilizado	20,9 \pm 20,7 a (8,7 - 33,1)	95,9 \pm 5,3 a (93,6 - 98,2)	1,31:1a
Suelo cernido sin esterilizar y turba	24,4 \pm 18,9 a (12,7 - 33,1)	94,1 \pm 11,1 a (89,5 - 98,8)	1,06:1 a
Suelo cernido esterilizado y turba	12,5 \pm 14,9 a (2,2 - 22,8)	93,1 \pm 3,6 a (90,9 - 95,3)	0,75:1 a

En cada columna, promedios (\pm DE) seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p < 0,001$). Los números entre paréntesis representan los intervalos de confianza al 95%.

Tabla 3. Efecto de la densidad de larvas por tubérculo sobre la supervivencia, duración del período larva-adulto y la relación de sexos de *P. vorax*

Densidad de larvas por tubérculo	Supervivencia del período larva-adulto (%)	Duración del período larva-adulto (días)	Relación de sexos (macho: hembra)
6 larvas	25,0 \pm 23,9 a (10,2 - 39,8)	100,2 \pm 5,3 a (92,3 - 102,0)	0,83:1 a
10 larvas	12,5 \pm 14,9 a (2,2 - 22,8)	93,1 \pm 3,6 a (90,9 - 95,3)	0,75:1 a
15-20 larvas	13,5 \pm 19,6 a (0 - 30,6)	97,1 \pm 13,7 a (88,6 - 105,6)	1,10:1 a

En cada columna, promedios (\pm DE) seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p < 0,001$). Los números entre paréntesis representan los intervalos de confianza al 95%.

Según lo observado, el umbral de daño por *P. vorax* es bajo ya que cuatro o cinco larvas por tubérculo fueron suficientes para causar 100% de daño en los tubérculos (tubérculos de 60-80 g). Además, se encontró que independientemente de la densidad inicial de larvas, en ningún caso se presentaron más de siete adultos emergidos en cada recipiente. De acuerdo con lo anterior y con fines de uso y manutención de la cría de *P. vorax*, es recomendable seleccionar una densidad de cinco a diez larvas por tubérculo. De esta forma, se garantiza la supervivencia de un mayor porcentaje de los individuos liberados y se evita la pudrición del tubérculo que a su vez podría conllevar a que las larvas no completen su ciclo.

Relación de sexos. Otro aspecto relevante de los experimentos realizados es que la proporción sexual no cambió en función del alimento (ANOVA; $F = 0,6279$; g.l. = 1,5; $p = 0,4640$), el sustrato para la formación de la pupa (Kruskall-Wallis; $H_{2,7} = 0,3506$; $p = 0,8392$) o la densidad de larvas por tubérculo (ANOVA; $F = 0,5753$; g.l. = 2, 8; $p = 0,5842$). La relación de sexos encontrada varió entre 0,75 y 1,72 machos por cada hembra, la cual coincide con los reportes de la literatura (Kühne, 2007).

Longevidad y fecundidad

La longevidad promedio de los adultos de *P. vorax* fue de $138 \pm 51,7$ días para los machos y $154 \pm 50,7$ días para las hembras. Con respecto a la fecundidad, se encontró que las hembras inician la oviposición a los $14,4 \pm 7,8$ días y colocaron entre 0 y 343 huevos para un valor promedio de $101,3 \pm 78,6$ huevos por hembra. Además, se registró un período de oviposición de $91,5 \pm 43,0$ días, tiempo durante el cual las hembras colocaron un promedio de $9,6 \pm 5,5$ posturas.

Durante el registro de la fecundidad, se observó que el mayor pico de oviposición se presentó a los 14 días con un promedio de 4,62 huevos/hembra/día (figura 1a). Desde el día 14 hasta el 100, la tasa de oviposición fue muy irregular con picos y bajadas muy pronunciadas. El día 100, las hembras habían alcanzado 88,5% de la oviposición total y a partir del día 161 la tasa de oviposición disminuyó progresivamente hasta el 193. Después del día 193 no se observaron posturas, por lo cual la curva de oviposición acumulada se estabilizó hasta la muerte de la última hembra, que se presentó en el día 229 (figura 1b).

Los valores de longevidad y fecundidad exhibidos por los adultos de *P. vorax* fueron inferiores a los registrados en algunos estudios biológicos anteriores (Zenner y Posada, 1968; Mejía, 1995). Una posible expli-

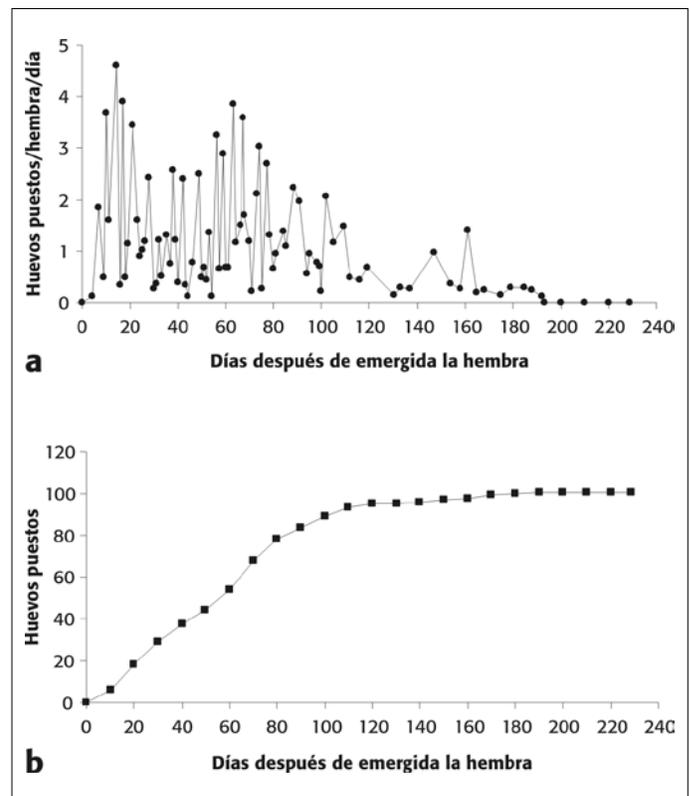


Figura 1. Fecundidad de la hembra de *P. vorax*. **a.** Oviposición en el tiempo. **b.** Curva de oviposición acumulada

cación de las diferencias encontradas es que las condiciones de temperatura en las que se realizó el ensayo hubieran tenido un efecto negativo en la longevidad y fecundidad de los individuos. En efecto, el presente estudio se realizó a una mayor temperatura promedio (i.e. 19°C) con relación a la temperatura registrada en estudios anteriores. Al respecto, Kühne (2007) encontró que para *P. suturecallus* la longevidad disminuye linealmente con el aumento de la temperatura, mientras que por encima de 17°C las hembras expresan menos de 50% de su fecundidad potencial. Sin embargo, el efecto de la temperatura sobre la biología de *P. vorax* deberá ser comprobado en estudios posteriores. Así mismo, en el futuro se debería evaluar la influencia de otros factores como la humedad relativa, la humedad del suelo y la manipulación de los individuos sobre la biología, comportamiento y parámetros poblacionales de *P. vorax*. Esta información además de ampliar el conocimiento acerca de la especie, podría ser utilizada en la optimización de su sistema de cría.

CONCLUSIONES

El método propuesto para la cría de *P. vorax* permite producir huevos, larvas, pupas y adultos para propósitos experimentales, lo cual facilitará los estudios bioecológi-

cos del insecto y la evaluación de métodos para su control. Basados en los resultados obtenidos con este método de cría, se podrían esperar de dos a tres generaciones del insecto por año con una tasa de incremento cercana a 17% en cada generación. Además, se encontró que la fase más crítica para el mantenimiento y producción de la cría del insecto es el período larva-adulto, debido a la alta mortalidad de los individuos. Por lo tanto, es deseable seguir profundizando en el estudio de la influencia de factores como la humedad, temperatura y la manipulación, a fin de mejorar la eficiencia del sistema de cría.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de la República de Colombia y a la Asociación Hortifrutícola de Colombia por el apoyo financiero para la ejecución del proyecto "Diseño de un sistema de seguimiento y alerta sanitaria para ser utilizado como herramienta en la toma de decisiones de manejo de *Premnotrypes vorax* y *Tecia solanivora*, en el sistema de producción de la papa". A Aristóbulo López-Ávila, Diego Rincón y Carolina Camargo por la revisión crítica y aportes al documento.

REFERENCIAS

- Alcázar J, Cisneros F. 1999. Taxonomy and bionomics of the Andean Potato Weevil complex: *Premnotrypes* spp., and related genera. En: Arthur C, Ferguson P, Smith B (eds.), Impact on a changing world, Program report 1997-98, Lima, Perú, International Potato Center, pp. 141-151.
- Barea O, Andrew R, Vargas J. 1997. Biología, daño y control químico del Gorgojo de los Andes *Rhigopsidius tucumanus* Heller. Revista Latinoamericana de la Papa 9-10: 96-105.
- Calvache H. 1991. Efecto de barreras vegetales y químicas en el control del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache). Revista Latinoamericana de la Papa 4: 22-35.
- Calvache H. 1985. El gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache) y su control. Revista Nueva Agricultura Tropical, (Colombia) 36(3): 3-7.
- Calvache H. 1986. Aspectos biológicos y ecológicos del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache). En: Valencia L. (ed.), Memorias del curso sobre control integrado de plagas de papa. Bogotá, Colombia, Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), pp. 18-24.
- Crissman CC, Cole DC, Carpio F. 1994. Pesticide use and farm worker health in Ecuadorian potato production. American Journal of Agricultural Economics 76 (3): 593-597.
- Elder RJ, Brown JD, Wicks R. 1979. The biology and laboratory rearing of a new leptoipine weevil, a pest of legumes in Queensland. Australian Journal of Entomology 18(2): 81-89.
- Fisher J, Bruck D. 2004. A technique for continuous mass rearing of the black vine weevil, *Otiorynchus sulcatus*. Entomologia Experimentalis et Applicata 113(1): 71-75.
- Fisher JR. 2006. Fecundity, longevity and establishment of *Otiorynchus sulcatus* (Fabricius) and *Otiorynchus ovatus* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae) from the Pacific North-west of the United States of America on selected host plants. Agricultural and Forest Entomology 8(4): 281-287.
- Gallegos P. 1989. Insectos plaga en el cultivo de la papa en el Ecuador. En: Memorias del seminario taller "Aspectos entomológicos en el cultivo de la papa", Bogotá, Colombia, Programa Andino Cooperativo de Investigación en Papa, p. 31-33.
- Garzón M, Aza B, Jiménez J, Luque J. 1996. Potencial del nematodo *Steinernema* sp., para el control biológico del gusano blanco de la papa. Revista Colombiana de Entomología 22 (1): 25-30.
- Kühne M. 2007. The Andean potato weevil *Premnotrypes suturicallus*: Ecology and interactions with the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. Göttingen, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Agroentomology, University of Göttingen, 177 p.
- López-Ávila A. 2003. Generación y transferencia de tecnología para el control biológico del gusano blanco *Premnotrypes vorax* y la polilla guatemalteca *Tecia solanivora*, plaga de importancia económica en el cultivo de la papa en Colombia. En: Silva A, López-Ávila A (eds.), Memorias II taller Nacional *Tecia solanivora*: "Presente y futuro de la investigación en Colombia sobre polilla guatemalteca". Bogotá, Cevipapa, CNP, Andi, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, pp. 184-186.
- Mejía O. 1995. Estudios de algunos aspectos biológicos y de comportamiento del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* Hustache (tesis de maestría). Bogotá, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Maestría en tecnología de la producción agraria 117 p.
- Molleda G. 1961. Biología del gorgojo de los Andes y su control. En: Anales VII Convención Agronómica Regional de la Sierra Sur. Cuzco, p. 101-103.
- Moreno JD. 2000. Variedades de papa cultivadas en Colombia. En: Manual técnico del manejo Integrado del cultivo de la papa. Bogotá, Corpoica, pp. 51-71.
- Niño L, Acevedo E, Becerra F, Guerrero M. 2004. Aspectos de la biología y fluctuación poblacional del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) en Mucuchies, estado de Mérida, Venezuela. Entomotrópica 19(1): 15-19.
- Salazar EM. 1996. Ciclo biológico y dinámica poblacional del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache) en el municipio de Motavita, Boyacá (tesis). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, 118 p.
- SAS Institute. 2005. SAS language Reference. Version 9.1. SAS Institute. Cary NC. USA.
- Shimoji Y, Yamagishi M. 2002. Improvement of egg collection method in West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae) by feeding on a smaller cubic piece of sweet potato root. Applied Entomology and Zoology 37(2): 313-318.
- Torres L, Espinel C, Villamizar L, Gómez MI, Zuluaga MV, López J, Cotes AM, López-Ávila A. 2004. Desarrollo de un insecticida microbiano para el control biológico del gusano blanco de la papa. Bogotá, Boletín Técnico Corpoica, 75 p.
- Torres RY. 1996. Estudios básicos para el control microbiológico del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax*) con *Beauveria* spp. y *Metarhizium* sp., (tesis de biología). Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 122 p.
- Yabar LE. 1988. Integración de prácticas culturales para el control del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.) Revista Latinoamericana de la Papa 1(1): 120-131.
- Yanggen D, Crissman C, Espinosa P. 2003. Los plaguicidas: impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. Quito, Ediciones Abya Yala, 198 p.
- Zenner de Polanía I, Posada L. 1968. Generalidades sobre el gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache). Revista Agricultura Tropical 24(1): 33-40.
- Zenner de Polanía I. 1990. Research and management strategies for potato insect pest in Colombia. En: Hahn SK, Caveness FE (eds.) Integrated pest management for tropical root and tuber crops. Proceedings of the workshop on the global status of and prospects for integrated pest management of root and tuber crops in the tropics. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, pp. 139-148.