

Mortalidad de larvas de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) en frutos de feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret) sometidos a un tratamiento cuarentenario de frío

Larval mortality of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in fruits of pineapple guava (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret) during a cold quarantine treatment

J. KATERINE VALDERRAMA¹, MIGUEL S. SERRANO², GERHARD FISCHER³

Resumen La mosca suramericana de la fruta *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Díptera: Tephritidae) es una plaga cuarentenaria de la feijoa. Frutas infestadas artificialmente se sometieron al tratamiento “t107-a” (1,1°C durante 15 días) exigido por USDA- APHIS para su exportación y se compararon con frutos almacenados a temperatura ambiente. Cada fruto se infestó con cuatro larvas de tercer instar, en dos tratamientos con 50 repeticiones. Se evaluó diariamente la longitud, el volumen corporal, el comportamiento, la mortalidad y cambios de coloración de las larvas, en una muestra de tres frutos. El primer comportamiento observable de las larvas bajo tratamiento cuarentenario fue el intento de abandonar el fruto. No se observó ninguna variación en la longitud o el volumen corporal de las larvas bajo frío. En el control a temperatura ambiente, las larvas aumentaron de volumen hasta la muda a pupa. El tratamiento en frío modificó el desarrollo larval y la muda larva-pupa. El 100% de las larvas murió ocho días después de estar sometidas al tratamiento de frío. La mayoría de las larvas murieron en un estado intermedio de la muda y presentaron una coloración oscura o “muda parcial”. Bajo el tratamiento cuarentenario el daño a la pulpa no superó el 24%, mientras en el testigo alcanzó el 74%. Este es el primer tratamiento cuarentenario probado para esta plaga en feijoas en Colombia y mostró control total. El cumplimiento de los requisitos cuarentenarios de USDA-APHIS abre el mercado internacional para exportadores colombianos de feijoa.

Palabras Clave: Mosca de la Fruta. Cuarentena. Exportación.

Summary. The South American fruit fly *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) is a quarantine pest of pineapple guava. Artificially infested fruits were subjected to cold treatment “t107a” (1.1°C for 15 d), required by USDA-APHIS for exportation and were compared to control fruits maintained at room temperature. Four third-instar larvae were infested per individual fruit in two treatments with 50 replicates. Body length, volume, behavior, mortality and color changes of the larvae were recorded daily in a sample of three fruits. The first behavioral change observed in larvae under cold quarantine treatment was an attempt to abandon the fruits. No variation in body length or volume was observed under the cold quarantine treatment. In the untreated control, larvae increased body volume up to the final molt to pupa. The cold quarantine treatment affected larval development and the larva-pupa molt. All larvae died on the eighth day of cold treatment. Most larvae died while molting to pupa and exhibited a dark coloration or “partial molt”. Under the cold quarantine treatment, damage to fruits did not exceed 24% where as in the untreated control it reached 74%. This is the first cold quarantine treatment tested for this pest of pineapple guavas in Colombia and it provided total control. Compliance with the quarantine requirements of USDA-APHIS opens the international market for Colombian exporters of pineapple guava.

Key words: Fruit fly. Quarantine. Exportation.

Introducción

La feijoa, *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret, es una especie frutícola que por sus características organolépticas y nutricionales tiene buena aceptación en los mercados nacionales e internacionales. En Colombia, se ha aumentado el área de cultivo de la feijoa en los últimos 10 años, como una alternativa viable para la diversificación de la producción agríco-

la (Corporación Colombia Internacional 2000). Entre las plagas limitantes de este cultivo se encuentran las moscas de la fruta, que incluyen especies de gran importancia económica, no solo por ocasionar daño directo a la fruta sino también por las restricciones cuarentenarias que implican para el comercio internacional (Benavides y Mora 2003). La exportación de feijoa desde Colombia se ve afectada por la presencia de *Anastrepha*

fraterculus (Wiedemann), *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Wiedemann) Diptera: Tephritidae (Flórez 2003). Las moscas de la fruta son la mayor plaga hortifrutícola y probablemente el principal grupo de plagas cuarentenarias en el mundo (Hallman 1997). Los riesgos de extender estas plagas hacia otros países, y el creciente volumen de productos que se exportan en fresco, hacen necesario el estudio de los riesgos y medidas de miti-

1 Autor para correspondencia: Ingeniera Agrónoma, Investigador programa MIP, Bayer CropScience S.A. Bogotá D. C. katerine.valderrama@bayercropscience.com. kvalderrama@yahoo.com

2 Entomólogo, Cía. Agrícola Colombiana, Bogotá D. C. miguel.serrano@monsanto.com

3 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. gfischer@unal.edu.co

gación que se podrían emplear para facilitar el comercio. Para prevenir la introducción inadvertida de especies de mosca de la fruta, las frutas a exportar son sometidas a tratamientos cuarentenarios, transportadas desde áreas certificadas como libres de la plaga o empacadas bajo sistemas que reducen el riesgo de infestación a niveles despreciables (Sharp y Hallman 1994). Los tratamientos cuarentenarios no químicos, propuestos por el departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA, APHIS), proporcionan una oportunidad a países que buscan participar en el mercado de este país. Sin embargo, es importante que el tratamiento cuarentenario elimine las plagas y que a la vez no afecte la calidad del producto (Hallman 1991). El tratamiento cuarentenario en frío “t 107 a” que exige USDA, APHIS para el control de *A. fraterculus*, consiste en almacenar la fruta a baja temperatura por un largo periodo de tiempo. Las opciones de tiempo y temperatura son: igual o por debajo de 33° F (0,56° C) durante 13 días; 34° F (1,11° C) durante 15 días y 35° F (1,67° C) durante 17 días (USDA 2002).

En este trabajo se analizó el efecto del tratamiento cuarentenario en frío “t 107 a” de USDA, APHIS, simulando condiciones de transporte y comercialización, sobre la mortalidad y parámetros de crecimiento de las larvas de *A. fraterculus* en frutos de feijoa infestados artificialmente.

Materiales y métodos

Áreas infestadas y niveles naturales de infestación

Se efectuó un muestreo general (Ministerio de Agricultura 2000) para determinar las localidades más cultivadas con feijoa y con mayor incidencia de moscas de la fruta en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Con base en esto, se seleccionaron tres localidades para realizar un muestreo dirigido en cada una y determinar los niveles de infestación natural e identificar la especie predominante de mosca de la fruta. En cada localidad se tomaron 350 frutos al azar (total 1050 frutos) en cultivos que presentaran alguna sintomatología externa de daño por mosca de la fruta. Algunos frutos se recogieron del suelo (70%) y otros se tomaron directamente de los árboles (30%). De acuerdo con la metodología establecida por Benavides y Mora (2003) los frutos se disecaron y se contó el total de larvas por fruta. Para la determinación taxonómica se llevaron al laboratorio de entomología de la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía 100 frutos infestados de cada localidad para establecer una colonia de la cual se obtuvieron adultos. Se utilizó la clave de Korytkowsky (1997) y la confirmación posterior la realizó Francisco González del Centro de Excelencia Fitosanitaria del ICA, IICA y USDA, APHIS (CEF, Bogotá, Colombia).

Tratamiento cuarentenario

El tratamiento cuarentenario en frío se realizó en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá, D. C. Se utilizaron cámaras de frío Estefano® Ltda. (Bogotá, Colombia). La temperatura y humedad relativa se ajustaron a $1,0 \pm 0,54^{\circ}\text{C}$ y $92 \pm 3,2\%$ respectivamente. El registro de la temperatura se llevó a cabo usando registradores automáticos ‘testo term 175-T1’ (Frankfurt, Alemania) de un canal de temperatura con sensor interno modelo 0563 1754. Para registrar la temperatura interna de los frutos se usó una sonda para alimentos ‘testo IP-65’ de 12 cm (-60 a 400°C), modelo 0602 2292 la cual se insertó en los frutos. Los sensores de temperatura y humedad relativa se ubicaron en los tercios superior, medio y bajo de la cámara de frío. El sensor con la sonda para registro de datos se mantuvo en el tercio central. Los sensores se programaron para almacenar un registro cada 15 minutos durante los 15 días de duración del tratamiento cuarentenario. Los sensores de temperatura fueron calibrados previamente en recipientes limpios con hielo y agua (70 y 30 % respectivamente) de acuerdo al procedimiento establecido por USDA, APHIS (USDA 2002).

Para la infestación artificial de los frutos se utilizaron larvas de tercer instar provenientes de una cría del Laboratorio de Cuarentena Vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Ibagué (Tolima) alimentadas en dieta artificial compuesta por torula, benzoato de sodio, agar nutritivo, ácido clorhídrico y agua. Se utilizaron frutos de feijoa del cultivar ‘CENAF 41’, que se caracteriza por alto rendimiento y excelente aceptación por el consumidor debido a sus características organolépticas (Valderrama 2004). Las frutas fueron seleccionadas y clasificadas con calidad tipo exportación.

De acuerdo con la metodología de Vidal y Abello (1998) se efectuó un corte transversal en la parte superior de cada fruto en forma de “copa” sin separar las dos partes y se retiró aproximadamente un 5%

de pulpa para introducir las larvas. Cada larva de tercer instar se lavó con agua destilada para retirar los residuos de dieta de su cuerpo, con un pincel se colocaron cuatro larvas en la cavidad formada en el fruto y se selló con cinta de enmascarar. Para garantizar que la temperatura se mantuviese dentro de los niveles exigidos al interior de los frutos, se empacaron tres unidades en recipientes de icopor de 16 onzas y se sellaron. Los recipientes con los frutos ubicados en bandejas, se introdujeron en las cámaras de frío para un pre-enfriamiento durante 12 h a 4°C la cual se disminuyó gradualmente hasta que se estabilizó en $1,0^{\circ}\text{C}$. Al final de este periodo de pre-enfriamiento se inició el tratamiento cuarentenario propiamente dicho. Luego de los 15 días exigidos por el protocolo del tratamiento cuarentenario, se descargaron los registros de los sensores y se almacenaron en el computador para procesamiento.

Se establecieron dos tratamientos, frutos de feijoa ‘CENAF 41’ sometidos a frío ($1,1^{\circ}\text{C}$ o por debajo) y frutos del mismo cultivar almacenados a temperatura ambiente ($19,0 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$) con 50 repeticiones por tratamiento en un diseño completamente al azar. Las evaluaciones del desarrollo de las larvas y su mortalidad se realizaron cada 24 h retirando tres frutos por tratamiento de las cámaras de frío; se midió longitud, volumen corporal, cambios de coloración y se cuantificó su mortalidad.

Desarrollo de larvas de *A. fraterculus* durante el tratamiento cuarentenario

Diariamente se retiraron tres frutos de las cámaras de frío, se abrieron y se observó el desarrollo general de las larvas y el daño a la pulpa de la fruta. Se utilizó una escala visual de 0 a 5 con incrementos de 20% de daño por unidad, donde 5 es el 100% de pulpa dañada. Los datos de las 12 observaciones diarias se sometieron a análisis de regresión utilizando el paquete estadístico de Microsoft Excel® versión 2003.

Longitud corporal de larvas

Cada 24 h se tomaron 12 larvas de la cámara de frío y se midieron desde el extremo de los ganchos mandibulares hasta el final del último segmento abdominal (Vélez 1985; Ministerio de agricultura 2000) se utilizó un calibrador digital Stainlees Hardened® ($0,150 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$). Para establecer si el tratamiento cuarentenario afectaba la longitud, se estableció un patrón de longitud de larvas de tercer instar midiendo una mues-

tra de 400 larvas vivas de *A. fraterculus* provenientes de la colonia. Los datos de longitud de larvas en el tratamiento en frío y el control se compararon utilizando la prueba de Chi cuadrado con el paquete estadístico de Microsoft Excel® versión 2003.

Volumen corporal de larvas

Diariamente se retiraron 12 larvas de las frutas de cada tratamiento, se midió el radio del último segmento abdominal y la longitud de cada larva, como se describió antes. Debido a que la morfología de las larvas se asemeja a un cono (Vélez 1985; Núñez 1988; Ministerio de agricultura 2000) para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación (1)

$$V = \pi r^2 \cdot \frac{h}{3} \quad (1)$$

Donde: V = Volumen corporal, r = radio del último segmento abdominal y, h = longitud de la larva. Los datos de las 12 observaciones diarias se sometieron a análisis de regresión utilizando el paquete estadístico de Microsoft Excel® versión 2003.

Mortalidad de larvas sometidas al tratamiento cuarentenario

Se tomó una muestra diaria de tres frutos de cada tratamiento y se contó el número de larvas vivas y muertas, para el control se contaron las larvas que mudaron a pupa y para efectos del análisis se consideraron "muertas" debido a que no realizaron más daño a la pulpa y abandonaron el fruto. Los datos de porcentaje de mortalidad se sometieron a análisis de regresión utilizando el paquete estadístico de Microsoft Excel® versión 2003.

Coloración de larvas

Para establecer si el tratamiento cuarentenario afecta la coloración de las larvas como ha sido registrado en la literatura por Hallman y Zhang (1997), diariamente se registró el color de cada una de las larvas que se retiraron para las mediciones y se comparó contra la tabla de color de la Royal Horticultural Society (RHS) de Londres (2001) que mide los colores en una escala numérica de claridad-oscurezca y una escala de letras para intensidad de color.

Resultados y Discusión

Áreas infestadas y niveles naturales de infestación

La mayor incidencia de especies de mosca de la fruta se encontró en los municipios de Tibasosa (Boyacá) (Ubicado a 7° 03' de latitud Norte y 71° 57' de longitud

occidente y 2538 m.s.n.m), La Vega (ubicado a 3° 42' de latitud Norte y 74° 54' de longitud occidente y 1230 m.s.n.m) y San Francisco (Cundinamarca) (ubicado a 3° 39' de latitud Norte y 74° 49' de longitud occidente y 1190 m.s.n.m). Se encontró un nivel de infestación natural entre 3 y 5 larvas por fruto en los tres estadios, que corresponde a un promedio de 4.0 ± 1.6 larvas por fruto. Los frutos tomados del suelo presentaron mayor infestación que los frutos obtenidos directamente de los árboles. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura (2000) cuando las hembras buscan el sustrato para ovipositar prefieren frutos que estén entre el 60 y 70% de madurez. Los frutos al caer del árbol aumentan su metabolismo y la producción de volátiles (Galvis 2003) lo que probablemente los hace más atractivos para la oviposición de las hembras. Actualmente, en la literatura no se encuentran registros de niveles de infestación de moscas de la fruta en feijoa en Colombia, por lo cual los datos mencionados constituyen una aproximación a los niveles naturales de infestación y obviamente, son necesarios muestreros mas detallados en otras áreas de producción de feijoa en el país.

La especie predominante en los tres municipios fue *A. fraterculus*; sin embargo, se encontraron en menor porcentaje *A. striata* y *A. ornata* (Fig. 1). El género *Anastrepha* está ampliamente distribuido en cultivos de feijoa (Flórez 2003) particularmente en las áreas de clima frío-moderado donde se cultivan varias especies de frutales. Las especies encontradas corresponden a las que registraron Benavides y Mora (2003) para este cultivo.

Tratamiento cuarentenario

La temperatura registrada durante el tratamiento cuarentenario en ningún caso excedió la temperatura permitida ($1,1^\circ\text{C}$) el valor máximo fue $1,0^\circ\text{C}$, el mínimo de $0,48^\circ\text{C}$ y se obtuvo un promedio de $0,8^\circ\text{C}$; dentro de los rangos exigidos por APHIS para el tratamiento cuarentenario "t 107a". De acuerdo con las exigencias de USDA, APHIS un solo registro superior a la temperatura máxima permitida es suficiente para invalidar el tratamiento cuarentenario y no permitir la entrada de un contenedor de fruta a suelo norteamericano.

Desarrollo de larvas de *A. fraterculus* durante el tratamiento cuarentenario

La primera reacción aparente de las larvas sometidas al tratamiento cuarentenario fue abandonar el fruto. Un 50% de las larvas refrigeradas dentro de las frutas a $1,1^\circ\text{C}$ durante los primeros tres días se desplazaron y perforaron la corteza del fruto intentando salir. Confrontando lo mencionado por Núñez (1988) las larvas habitualmente migran hacia el interior del fruto; en este caso, el desplazamiento hacia la corteza podría indicar una respuesta al estrés causado por la baja temperatura. Existen diferencias en el porcentaje de pulpa dañada en los frutos entre los dos tratamientos (Fig. 2). El porcentaje de daño ocasionado por larvas de *A. fraterculus* sometidas al tratamiento cuarentenario aumentó levemente a través del tiempo (15 días), llegando a un máximo del 24%. El porcentaje de daño está muy relacionado con el tiempo y el efecto de la temperatura del tratamiento cuarentenario, produciendo una

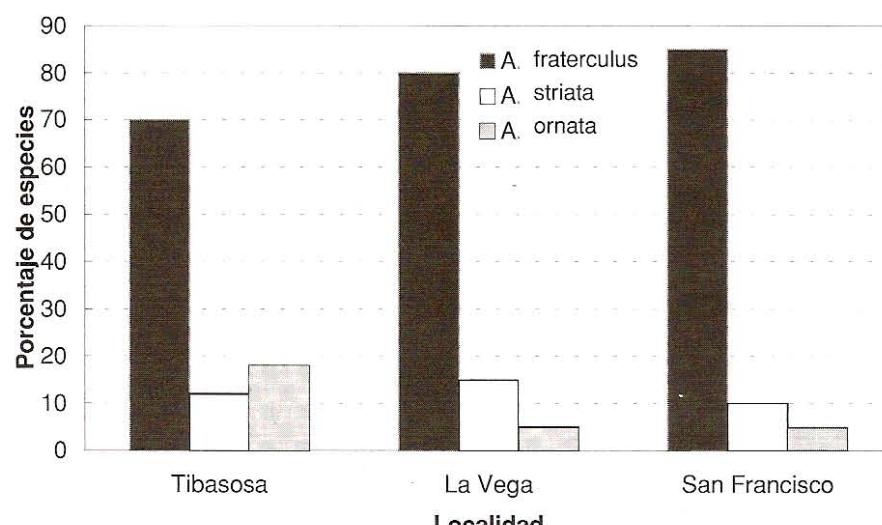


Figura 1. Porcentaje de infestación por especies de mosca de la fruta en las localidades de Tibasosa (Boyacá), La Vega y San francisco (Cundinamarca).

disminución en el consumo de pulpa. Se presume que las larvas de tercer instar sufren cambios en su comportamiento al ser removidas de la dieta (Hallman 1996) según lo observado, las larvas en frutas sometidas al tratamiento cuarentenario presentaron una menor capacidad de dañar a la pulpa posiblemente por efecto de la baja temperatura.

A 19,0°C las larvas continuaron alimentándose y causando daño a una tasa mayor durante el almacenamiento. En las frutas del control las larvas produjeron daño visible a partir del segundo día de almacenamiento, y lo incrementaron a una tasa mayor que las del tratamiento cuarentenario (Fig. 2) llegando a un máximo del 94% a los 12 días de almacenamiento. Sin embargo, es frecuente la contaminación con agentes patógenos que pueden afectar las condiciones para el desarrollo normal de las larvas por lo cual se observa cierta mortalidad en el testigo, que en buena proporción puede deberse a las condiciones experimentales.

La disminución de la actividad de las larvas que no abandonaron el fruto durante el tratamiento cuarentenario es una ventaja para la comercialización de la fruta, debido a que estas no presentan daños superiores al 24% durante la comercialización. Cabe resaltar que el porcentaje de daño presentado como pulpa descompuesta, está influenciado por las heridas hechas a los frutos durante la infestación artificial, lo que significaría que al someter frutos infestados naturalmente al tratamiento cuarentenario, en condiciones comerciales el daño ocasionado por la larva sería insignificante.

Longitud corporal de las larvas

La longitud de las larvas sometidas al tratamiento cuarentenario fue igual a la obtenida para el patrón de referencia (Tabla 1). De acuerdo con las evaluaciones éstas no modificaron su tamaño, tampoco se encontró ninguna evidencia de encogimiento, ni elongación durante el tratamiento descartando el efecto de la baja temperatura sobre la longitud en las larvas con respecto al patrón. Las larvas del control tampoco mostraron cambios en su longitud, sin embargo ocurrieron algunos en su volumen corporal.

Volumen corporal de las larvas

El volumen promedio de las larvas que se sometieron al tratamiento cuarentenario fue de $5,7 \pm 0,1 \text{ mm}^3$ y éste se mantuvo relativamente constante durante los 15 días de tratamiento (Fig. 3). Las

larvas del control (19,0°C) incrementaron su volumen corporal especialmente a partir de los días 10 y 11 hasta llegar a $9,5 \text{ mm}^3$ en el día 12. Esto probablemente se deba al crecimiento normal de la larva y a los procesos de muda al estado de pupa. La duración de los estados larvales de las moscas de la fruta y sus tasas de desarrollo dependen principalmente de la fruta hospedante (Benavides y Mora 2003) y la temperatura (Núñez 1981; Benavides y Mora 2003).

Mortalidad de las larvas sometidas al tratamiento cuarentenario

Las larvas sometidas al tratamiento cuarentenario comenzaron a morir partir del tercer día (Fig. 4). El 100% de la mor-

talidad se presentó ocho días después de iniciar el tratamiento cuarentenario. Aparentemente las larvas trataron de mudar al estado de pupa pero no lo lograron, posiblemente por efecto de la temperatura. Cabe resaltar que a medida que aumenta la madurez del fruto el porcentaje de ácido cítrico disminuye y el pH aumenta (Valderrama 2004) lo que también puede tener un efecto sobre el metabolismo larval. En los tratamientos cuarentenarios propuestos por USDA, APHIS se exigen almacenamientos por largos períodos de tiempo a bajas temperaturas. El tratamiento "t 107-a" para el control de *A. fraterculus* debe durar 15 días, en este caso se presentó la mortalidad como ya se mencionó el día ocho.

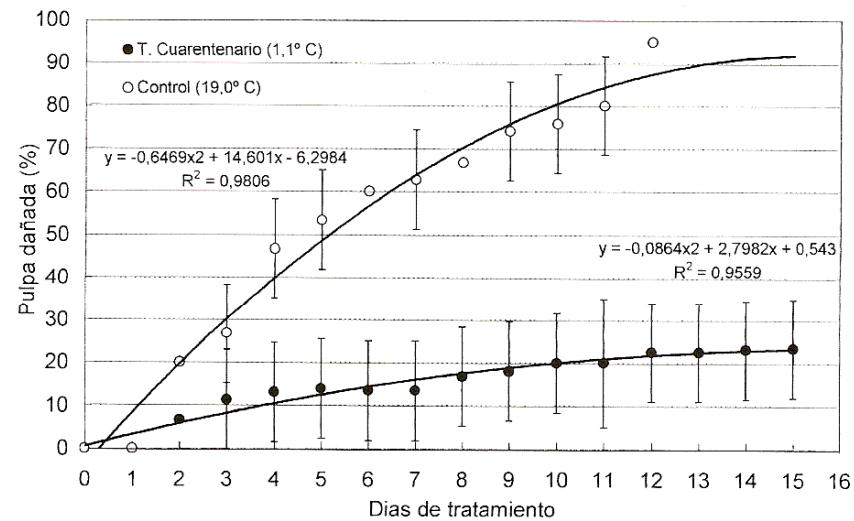


Figura 2. Porcentaje de daño ocasionado por larvas de tercer instar de *A. fraterculus*, infestadas artificialmente en frutos de feijoa cv. 'CENAF 41' y sometidas al tratamiento cuarentenario "t 107 a" (1,1°C) y en el control (frutos almacenados a 19°C). Los datos presentados corresponden al promedio ($\pm 0,3$ a 1,1°C y $\pm 0,7$ a 19°C) de 12 observaciones por día.

Tabla 1. Longitud corporal de larvas de tercer instar de *A. fraterculus* durante los 15 días de tratamiento cuarentenario (1,1°C) y el control (19°C) comparado con un patrón (400 larvas de tercer instar obtenidas de la colonia). Los datos son promedios de 12 observaciones diarias de cada tratamiento.

Día	Longitud de Larvas (mm) a Temperatura		Patrón (larvas de colonia)
	1,1°C	19°C	
1	$8,27 \pm 0,46$	$7,64 \pm 0,46$	$8,32 \pm 1,00$
2	$8,97 \pm 0,50$	$9,17 \pm 0,40$	
3	$7,60 \pm 0,61$	$8,78 \pm 1,10$	
4	$8,85 \pm 0,29$	$8,77 \pm 0,90$	
5	$8,39 \pm 1,00$	$8,72 \pm 1,20$	
6	$8,82 \pm 1,20$	$7,37 \pm 0,80$	
7	$8,04 \pm 0,66$	$8,50 \pm 0,40$	
8	$7,68 \pm 1,3$	$8,06 \pm 0,60$	
9	$8,31 \pm 0,34$	$7,81 \pm 0,70$	
10	$8,53 \pm 0,59$	$8,64 \pm 1,10$	
11	$7,48 \pm 1,15$	$7,34 \pm 1,40$	
12	$8,57 \pm 0,83$	$8,36 \pm 1,80$	
13	$8,68 \pm 1,00$	-	
14	$8,51 \pm 0,61$	-	
15	$8,07 \pm 1,20$	-	

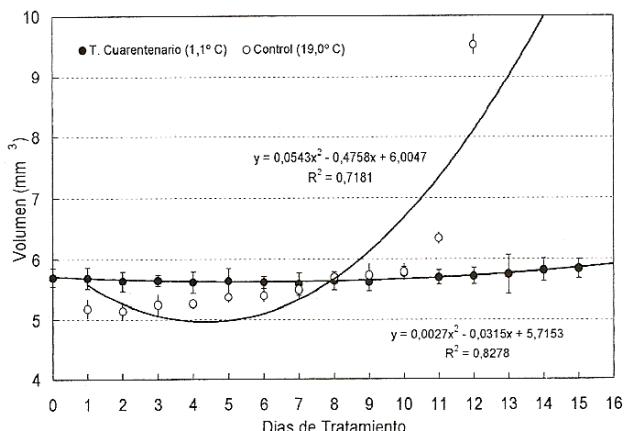


Figura 3. Volumen corporal de larvas de *A. fraterculus* infestadas artificialmente en frutos de feijoa cv. 'CENAF 41' sometidas al tratamiento cuarentenario "t 107 a" (1,1°C) y en el control (Frutos almacenados a 19,0°C.). Los datos presentados corresponden al promedio (\pm 0,4 a 1,1°C y \pm 1,0 a 19,0°C) de 12 observaciones por día.

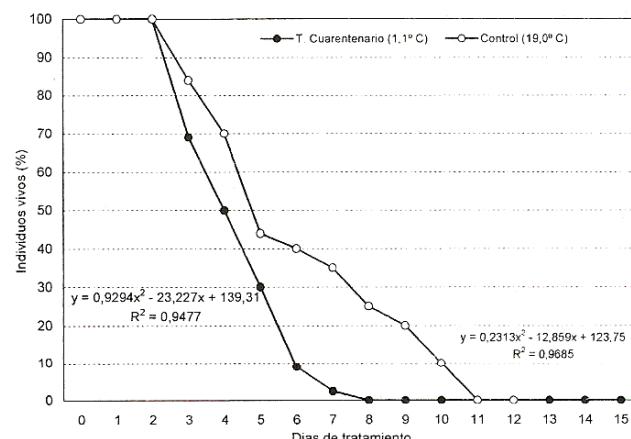


Figura 4. Porcentaje de Mortalidad de larvas infestadas artificialmente, en frutos de feijoa cultivar 'CENAF 41' sometidas al tratamiento cuarentenario "t 107 a" (1,1°C) y en el control (frutos almacenados a 19,0°C.). Los datos corresponden al promedio de 12 observaciones por día durante todo el periodo exigido de tratamiento en frío.

Cabrá la posibilidad de disminuir el tiempo del tratamiento cuarentenario, lo cual sería una opción interesante para los exportadores debido a que al disminuir el tiempo del tratamiento, se reducirían los riesgos por pérdidas de calidad en las frutas y el costo de la comercialización. Para esto es necesario realizar más investigación para ajustar el tiempo de este tratamiento cuarentenario.

Las larvas del control (19,0°C) sobrevivieron hasta el día 11 (Fig. 4) el 50 % de éstas continuaron su desarrollo hacia el estado pupal y prosiguieron su ciclo de vida. El otro 50 % de las larvas no sobrevivió debido posiblemente a la contaminación microbiana de la fruta lo cual probablemente no proporcionó un sustrato alimenticio adecuado para el desarrollo larval.

Coloración de larvas

Se observó un cambio gradual de coloración en las larvas durante el tratamiento cuarentenario. Se lograron separar 16 colores diferentes (Fig. 5) de acuerdo con la tabla de la Royal Horticultural Society (RHS) que correspondieron a colores claros 158 y colores más oscuros 199, los colores intensos A y los colores tenues D. El cambio de coloración en las larvas sometidas al tratamiento cuarentenario comenzó a notarse a partir del tercer día, comenzando en la zona anterior del cuerpo. En el séptimo día se presentaron puntos oscuros en el segundo y tercer segmentos abdominales. En el día octavo las larvas mostraron un oscurecimiento que comenzó desde la parte posterior hasta la mitad del cuerpo. Lee (1991) se refirió a

este tipo de mortalidad como "daño indirecto por frío" probablemente debido a la falta de recursos alimenticios para las células. Mecanismos postulados para el choque de frío incluyen la ruptura de las porciones de lípidos en la pared celular a temperaturas entre 1 y 2°C lo que hace que el contenido celular escape (Gould y Hennessey 1997). Larvas de tercer instar de *A. ludens* sometidas a un tratamiento cuarentenario de pulsos eléctricos presentaron una mortalidad similar a la obtenida en este experimento. Hallman y Zhang (1997) las llamaron "puparios larviformes". Su hipótesis se basa en que las larvas presentan una pupación parcial que solo alcanza el segmento anterior del cuerpo. Los cambios de color en las larvas en este trabajo se presentaron probablemen-

te como una respuesta al estrés generado por la baja temperatura que pudo ocasionar cambios en su metabolismo. Se observó que las larvas no modificaron su volumen corporal para empurrar lo cual puede conducir a pensar que el frío tenga un efecto paralizador sobre su musculatura impidiendo el desarrollo y movilidad. En las larvas del control (19,0°C), el cambio de color se presentó cuando comenzaron la muda para cambiar al estado de pupa. Cuando se presentó ocurrió rápida y uniformemente obteniendo colores más intensos.

Conclusiones

El tratamiento cuarentenario "t 107 a" es eficiente para controlar larvas de tercer instar de *A. fraterculus* debido a que pro-

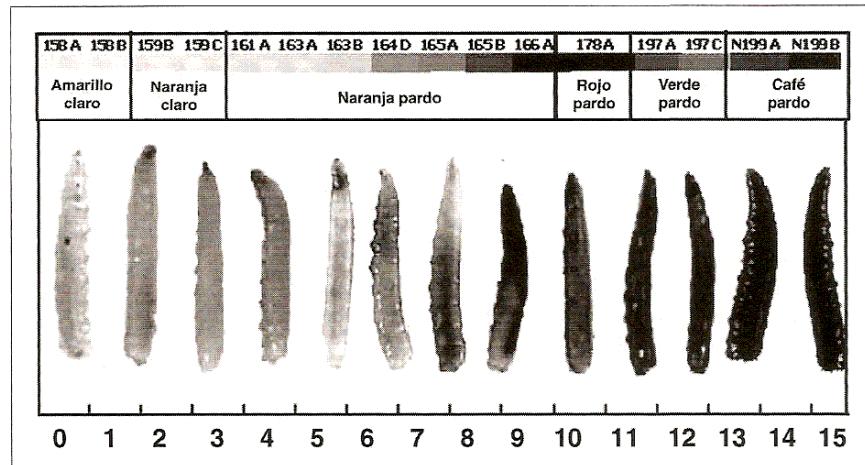


Figura 5. Cambios de color observados en larvas de tercer instar de *A. fraterculus* durante los 15 días del tratamiento cuarentenario de frío "t107 a" de USDA, APHIS. Las larvas después del día ocho se consideran en estado intermedio o pupación parcial.

duce un 100% de mortalidad a los ocho días de tratamiento antes de los 15 exigidos por lo que permite la seguridad cuarentenaria requerida por USDA, APHIS en exportaciones de feijoa. El cumplimiento de los requisitos cuarentenarios exigidos por USDA-APHIS y la garantía de la conservación de la calidad en los frutos resulta en una ventaja comparativa para los exportadores y para los intereses del país en general debido a que puede significar la apertura del mercado Estadounidense para la feijoa.

Agradecimientos

Los autores expresan agradecimientos a las siguientes personas, instituciones y empresas por sus contribuciones. Al centro de excelencia fitosanitaria CEF, por su colaboración y orientación, a Francisco González (CEF) por la confirmación taxonómica y a Luis Ernesto Forero por la información suministrada. A William King y Fany Prias del Laboratorio de Cuarentena Vegetal del ICA (Ibagué, Tolima) por el suministro de las larvas. A las empresas Disfruta las Feijoas y Exoticland Fruits Ltda. por su contribución y aportes para el desarrollo del trabajo.

Literatura citada

- BENAVIDES, M. y H. MORA. 2003. Problemática del complejo moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) y otras plagas de importancia económica en el cultivo de la feijoa. En: Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg.), G. Fischer, D. Miranda, G. Cayón y M. Mazorra (eds.). Produmedios, Bogotá. pp 73-85.
- CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. 2000. La Feijoa. Revista Exótica 4(4): 17-21.
- FLÓREZ, E. 2003. Requerimientos legales para la exportación de Feijoa hacia los Estados Unidos de Norteamérica. En: Cultivo, poscosecha y exportación de la Feijoa (*Acca sellowiana* Berg.). G. Fischer, D. Miranda, G. Cayón y M. Mazorra; (eds.). Produmedios, Bogotá. pp 147-152.
- GALVIS, A. 2003. Manejo de la cosecha y poscosecha de la Feijoa. En: Cultivo, poscosecha y exportación de la Feijoa (*Acca sellowiana* Berg.). G. Fischer, D. Miranda, G. Cayón y M. Mazorra; (eds.). Produmedios, Bogotá. pp 111-123
- GOULD, W.; M. HENNESSY. 1997. Mortality of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) in carambolas treated with cold water precooling and cold storage. Florida Entomologist 80 (1): 79-84.
- HALLMAN, G. J. 1991. Tratamientos cuarentenarios para plagas de plantas y frutas de exportación. Miscelánea, Sociedad Colombiana de Entomología, Socolen. 21: 5-7
- HALLMAN, G. J. 1996. Mortality of third instar Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in diet or grapefruits and immersed in heated water or grapefruit juice. Florida Entomologist. 79. (2):168-172.
- HALLMAN, G. J. 1997. Mortality of Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) immatures in coated grapefruits. Florida Entomologist. 80 (3): 324-328
- HALLMAN, G. J.; Q. H. ZHANG. 1997. Inhibition of Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) development by pulsed electric field. Florida Entomologist. 80 (2): 239-248.
- KORYTKOWSKY, C. A. 1997. Manual de identificación de moscas de la fruta parte II. Genero *Anastrepha* (Shiner 1968). Universidad de Panamá. Panamá 137p.
- LEE, R. E., JR. 1991. Principles of insect low temperature tolerance. En R. E. Lee and D. L. Denlinger (eds.) Insects at low temperature. Chapman and Hall, New York. 513 p.
- MICROSOFT EXCEL, 2003. Copyright Microsoft corporation. Versión de Windows Server 2003.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2000. Servicio nacional de sanidad agraria. Manual del sistema nacional de detección de moscas de la fruta. Perú. P 16, 49, 53
- NÚÑEZ L. 1988. Las moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae). Miscelánea sociedad colombiana de entomología, p 3-15.
- ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY. 2001. Colors chart, Londres. 1308p
- SHARP, J. y G. HALLMAN. 1994. Quarantine Treatments for Pests of Food Plants. Westview Press, Boulder, CO. 290p
- USDA, 2002. Treatment manual. United States Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service. 778p
- VALDERRAMA, J., K. 2004. Evaluación de un tratamiento cuarentenario en frío para control de mosca de la fruta *Anastrepha fraterculus* y en la calidad exportable de dos cultivares de feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 84p
- VIDAL, G.; J. ABELLO. 1998. Project vapor heat treatment for pitahaya fruti *Selenicerus megalanthus* Haw, infested with eggs and larvae of mediterranea fruti fly *Ceratitis capitata* Wiedeman (Diptera: Tephritidae). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) Bogotá. 72p
- VÉLEZ, R. 1985. Notas sinópticas de entomología económica colombiana. Secretaría de agricultura de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 232p.

Recibido: 05-ene-05 • Aceptado: 23-jul-05

