

MANEJO FITOSANITARIO Y EPIDEMIOLOGÍA

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Preferencia de mosca blanca (*Paraleyrodes* sp.) por cultivares de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Fresno, Tolima

Whitefly (*Paraleyrodes* sp.) preference for avocado cultivars (*Persea americana* Mill.) in Fresno, Tolima

Paola Vanessa Sierra¹, Luisa Fernanda Quiroga², Édgar Herney Varón³

¹Ingeniera Agrónoma. Corpoica Centro de investigación Nataima. El Espinal, Tolima. psierra@corpoica.org.co

²Bióloga, MSc Ciencias Biológicas. Corpoica centro de investigación Nataima. El Espinal, Tolima. luisa.quiroga.rojas@gmail.com.

³I.A. PhD en Entomología. Corpoica centro de investigación Nataima. El Espinal, Tolima. evaron@corpoica.org.co.

Fecha de recepción: 13/02/2014

Fecha de aceptación: 25/09/2014

ABSTRACT

The whitefly is a major pest that affects avocado and there is not enough information about the biology and management of this insect in Colombia. In this paper the incidence of the whitefly *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari* on four avocado cultivars was studied (Choquette, Hass, Lorena, Santana). The crop management carried out by farmers was characterized and its effect on the white fly presence on three cultivars was evaluated (Choquette, Hass, Lorena). Presence of secondary metabolites on leaves from Hass and Lorena was measured and the effect of their leaf extracts on the mortality and repellency index of whitefly adults was established. There were interactions between crop management and cultivar for the presence of the insect; moderately chemical management had the lowest infestation in all cultivars. The increase in soil fertilization and chemical insecticides increased insect population, and removal of the hemiparasite decreased it. Lorena cultivar had the highest fly preference, insect population increase when there was interaction between cultivar and mature leaves, neutral repellency index, and high percentage of total and non-reducing carbohydrates. The Hass cultivar showed higher amount of coumarins, terpenes and steroids, and high rate of repellency. Lorena attracting the insect is due to the presence of carbohydrates; and Hass repellency is due to the terpene and / or steroids. Research works should be done on whitefly in avocado crops toward cultivars Lorena.

Key words: leaf area, extract, infestation, secondary metabolites, repellency.

RESUMEN

La mosca blanca es una importante plaga que afecta el aguacate, y en Colombia no se posee suficiente información sobre este insecto. En este estudio se evaluó la incidencia de mosca blanca *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari* en cuatro cultivares de aguacate (Choquette, Hass, Lorena, Santana). Se caracterizó el manejo del cultivo realizado por los agricultores y se analizó su efecto sobre la presencia del insecto en tres cultivares (Choquette, Hass, Lorena). Se encontraron algunos metabolitos secundarios en hojas de los cultivares Hass y Lorena y se evaluó el efecto del extracto de sus hojas sobre la mortalidad y el índice de repelencia de adultos de mosca blanca. Se presentó interacción entre el manejo del cultivo y los cultivares para la presencia del insecto; el manejo moderadamente químico tuvo la menor infestación en todos los cultivares. El incremento de fertilización edáfica y de insecticidas químicos incrementó la población del insecto, y la remoción de una hemiparásita la disminuyó. El cultivar Lorena presentó la mayor preferencia de mosca, aumento de población del insecto cuando hubo interacción entre cultivar y hojas maduras, índice de repelencia neutral, y mayor porcentaje de carbohidratos totales y no reductores. El cultivar Hass presentó mayor cantidad de cumarinas, terpenos y esteroides, y alto índice de repelencia. La atracción de Lorena por el insecto se debe a la presencia de carbohidratos, y la repelencia de Hass, a la de terpenos y/o esteroides. Se debe dirigir el trabajo de investigación sobre mosca blanca en aguacate hacia el cultivar Lorena.

Palabras claves: área foliar, extracto, infestación, metabolitos secundarios, repelencia.

INTRODUCCIÓN

El aguacate *Persea americana* Mill. (Lauraceae) es un cultivo de gran impacto mundial, debido a que es la quinta fruta tropical más importante en cuanto a área sembrada y volumen de producción. Los principales países productores de aguacate son México, Estados Unidos, Chile, España y Colombia, donde es considerado un cultivo promisorio y de gran potencial de exportación. En el 2011 la producción en Colombia fue de 215.090 t aproximadamente, con un área sembrada de 24.513 ha. El departamento del Tolima es el principal productor de aguacate en Colombia con 27,78% de la producción nacional y un área de 6.810 ha (Velásquez *et al.*, 2011). Sin embargo, pese al gran potencial que tiene el aguacate como producto exportable, en los últimos años el rendimiento ha disminuido, alcanzando 8,8 t/ha en el 2011, siendo el valor más bajo de lo reportado por Velásquez *et al.* (2011). Esta disminución está influenciada por el incremento de problemas fitosanitarios y la falta de prácticas agrícolas adecuadas para el manejo del cultivo (Yabrudy, 2012).

Se ha reportado la presencia de artrópodos de importancia económica en aguacate como ácaros, áfidos, trips, escamas, picudos del follaje y moscas blancas (Londoño, 2008). La mosca blanca es una de las plagas más importantes en el mundo; el impacto económico de este insecto se debe a su amplia distribución geográfica y a su gran número de hospederos. Los adultos y ninfas de este insecto succionan la savia del floema generando secreciones azucaradas que favorecen el desarrollo de hongos causantes de la fumagina (*Capnodium* sp.) que interfieren con la fotosíntesis, afectando de forma indirecta la producción del cultivo (Cardona *et al.*, 2005).

A pesar de ser las moscas blancas unos insectos plaga que ocasionalmente son de importancia económica en el cultivo de aguacate, en Colombia no se tiene suficiente información acerca del comportamiento de estos insectos, lo cual provoca un manejo inadecuado por parte de los agricultores. En este sentido, surge la necesidad de implementar alternativas económicas y ambientalmente viables (Rodríguez *et al.*, 2011). Una opción es aprovechar los metabolitos secundarios existentes en las plantas; estos son compuestos químicos presentes en los diferentes tejidos vegetales que actúan como señales de disuasión, produciendo efectos repulsivos, antialimentarios, tóxicos, alteraciones de la

fisiología y/o comportamientos sexual o poblacional de los insectos (Rodríguez *et al.*, 2011; Rattan, 2010). La presencia de estos compuestos químicos en la planta causa que los insectos tengan preferencia por ciertas plantas y repelencia por otras. Según Pascal *et al.* (2003), la selección que efectúan los adultos de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* ocurre solo cuando el insecto se encuentra sobre la planta hospedera y la tantea con los órganos gustativos. Por otro lado, se ha evaluado la preferencia o no de la mosca blanca por diferentes cultivares en cultivos como tomate, algodón y yuca. A partir de estos estudios se han determinado algunos mecanismos que evitan el ataque de la plaga, entre ellos mecanismos físicos, fisiológicos y químicos que ocasionan fenómenos de resistencia como tolerancia, antibiosis (resistencia que afecta la biología del insecto, aumentando la mortalidad y reducción de la longevidad) y antixenosis (resistencia que afecta el comportamiento de un insecto, como la preferencia) (Miller, 2004). En el caso del aguacate, los diferentes cultivares pueden influir en la preferencia o no de consumo de la mosca blanca debido a que el aguacate presenta diferentes características físicas y químicas según su origen (antillano, guatemalteco o mejicano) (Amórtegui, 2001).

En el presente estudio se evaluó la incidencia de la mosca blanca *Paraleyrodos* sp. pos. *bondari* (Hemiptera: Aleyrodidae) (Segura, 2012; Varón, 2013) en diferentes cultivares de aguacate. Se caracterizó el manejo del cultivo por parte de los agricultores de la región y cómo este influyó en la presencia de mosca blanca en tres cultivares. Se determinaron metabolitos secundarios presentes en dos cultivares mediante pruebas de laboratorio. Se evaluó el efecto del extracto de hojas de los cultivares Hass y Lorena sobre la mortalidad y el índice de repelencia de adultos de mosca. Las características estructurales y físicas de la edad de las hojas (jóvenes y maduras) de estos dos cultivares se determinaron con pruebas de tensión, peso seco específico y área foliar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios del presente artículo se realizaron en el municipio de Fresno, departamento del Tolima, situado en la latitud 05°09'48,8" N y longitud 75°01'17" O, altura promedio de 1360 msnm, temperatura promedio de 22 °C y humedad relativa promedio de 71%.

Estimación de preferencia de mosca blanca en cultivares de aguacate en campo

Se determinó el grado de preferencia de la mosca blanca *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari* por diferentes cultivares de aguacate en campo, mediante la selección de tres fincas que presentaron este insecto plaga y en las que se encontraron al menos cuatro cultivares de aguacate -Choquette, Hass, Lorena, Santana-, los más representativos de la región; lo que permitió comparar entre ellos respecto a la preferencia del insecto-plaga en campo.

En cada finca se seleccionaron cinco árboles por cultivar. En cada uno de ellos se determinó la presencia de mosca blanca en todos los estados de desarrollo (huevo, ninfas en diferentes instares y exuvias de pupa). De cada árbol se tomaron 3 brotes de 60 cm bien distribuidos en el estrato bajo, en cada brote se escogieron al azar 5 hojas, para un total de 15 hojas por árbol. Cada hoja que se monitoreó se dividió en cuatro cuadrantes que abarcaron el área foliar total. Cada cuadrante correspondió al 100% para un total de 400% en cada hoja.

Con el objetivo de evaluar en qué tipo de cultivar de aguacate se presentó el mayor y el menor porcentaje de presencia de la mosca blanca, se realizó una prueba de Tukey al 95% para este factor, ejecutado en el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2004).

Caracterización de manejo de la producción de aguacate

Para caracterizar el manejo que realizaban los agricultores al cultivo y determinar su posible relación con las poblaciones de mosca blanca, se realizó una encuesta semiestructurada de tipo descriptivo, con un tamaño de muestra de 48 productores de aguacate ubicados en el municipio de Fresno, Tolima. De esta manera, se obtuvieron tres categorías respecto al manejo por parte del agricultor: biológico (tres fincas donde hubo aplicación de productos biológicos, orgánicos y utilización de repelentes a base de ajo (*Allium sativum*) y ají (*Capsicum annuum*), moderadamente químico (tres fincas donde hubo una aplicación mensual y realizaban aplicaciones con base en un monitoreo o por la recomendación de un asistente técnico), y altamente químico (tres fincas donde realizaban aplicaciones de insecticidas químicos periódicamente o según calendario y hubo dos o más aplicaciones por mes).

Para recolectar los datos sobre la presencia de mosca blanca en el cultivo, en cada una de las nueve fincas se realizó un seguimiento al cultivo cada dos semanas. Este tiempo de muestreo fue seleccionado por varios factores, entre ellos la duración en días del ciclo de vida de *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari*, el cual según Cruz (2013) es de $27,7 \pm 0,18$ días; otro factor de importancia fue poder observar el efecto de los diferentes manejos por parte del agricultor en cada monitoreo. Se seleccionaron tres cultivares de aguacate -Lorena, Hass y Choquette- por ser los más comunes en las fincas de los agricultores de la zona, además de haber sido contrastantes respecto a la incidencia de mosca blanca (*Paraleyrodes* sp. pos. *bondari*) según la estimación de preferencia inicial. Se seleccionaron al azar cinco árboles por cada uno de estos tres cultivares, en los cuales se monitoreó la infestación de mosca blanca según la metodología establecida en estudios previos, la cual consistió en muestrear cinco hojas del estrato bajo en tres brotes de 60 cm, evaluando la presencia o ausencia de mosca blanca en todos sus estados (huevo, larva, ninfa, pupa y adulto) (Varón, 2013), llevando registros de todas las labores realizadas en el cultivo.

De esta caracterización de manejo se realizó un arreglo factorial de dos factores y tres niveles 2×3 (cultivar x manejo). Se seleccionaron las variables que más se relacionaban con las poblaciones de mosca blanca, por medio de regresiones múltiples tipo stepwise en el programa SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2004).

Determinación de metabolitos secundarios

Para llevar a cabo el análisis de metabolitos secundarios en hojas, se tomaron muestras de dos cultivares de aguacate (Lorena y Hass), dado que en campo estos cultivares presentaron diferencia estadística significativa con respecto a la preferencia por la mosca blanca. Las hojas fueron enviadas al laboratorio Laserex de la Universidad del Tolima, donde se determinaron algunos metabolitos secundarios y carbohidratos presentes.

Los resultados del análisis de algunos metabolitos secundarios se compararon entre los dos cultivares y se relacionaron con el grado de afección o preferencia por la mosca blanca en laboratorio. Para conocer si estos metabolitos pueden estar actuando sobre adultos de mosca blanca, se elaboró un extracto hidroalcohólico

a base de hojas en los dos cultivares (Lorena y Hass) de aguacate.

Se preparó el extracto según las metodologías de Nascimento *et al.* (2006) y Granados (2010). Las hojas de cada cultivar se secaron a 40 °C por 7 días; se pulverizaron con la ayuda de un molino eléctrico hasta obtener un polvo grueso (2 mm). Se prepararon 100 g de materia seca en 1000 ml de alcohol al 70% (concentración del 10% peso/volumen); se maceró con la solución y se dejó en agitación por un período de 48 horas, luego se filtró con un colador de tela fina tul y por último se filtró al vacío para eliminar los residuos sólidos. Cada extracto se depositó en bandejas en láminas delgadas por un período de 6 horas a temperatura ambiente para evaporar los restos de alcohol de la solución, posteriormente se envasó en recipientes de vidrio color ámbar y se mantuvo en refrigeración hasta su aplicación. Para determinar las concentraciones de cada uno (gramos de sustancia extraída por ml de extracto) se tomó una alícuota de 10 ml y se puso en una estufa marca Precisa 310m, donde se eliminó totalmente la humedad de cada muestra (Bucay, 2009). Los extractos vegetales tuvieron una concentración de 30,3 g/ml de materia seca para Hass y 32,8 g/ml para Lorena.

Para evaluar el efecto de repelencia y mortalidad del extracto vegetal alcohólico de los dos cultivares (Hass y Lorena) en adultos de la mosca blanca *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari*, se colectaron especímenes en una finca con manejo biológico por parte del agricultor. Así mismo, se utilizaron bandejas plásticas de 48 onzas de capacidad, con un orificio en la parte superior del envase y forrado con una tela de poro fino. En cada una de estas bandejas se colocaron 2 hojas de cada cultivar, una de las cuales tenía aplicación del extracto (inmersión durante 10 segundos) y la otra sin aplicación; en cada una se depositaron 10 adultos de mosca blanca. Los tratamientos fueron los siguientes: 1) extracto vegetal del cultivar Hass, 2) extracto vegetal del cultivar Lorena, 3) insecticida comercial: Thiacloprid + Deltametrina (1 cm³/l), y 4) testigo (con aplicación de alcohol al 70%); cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones.

Con la ayuda de un estereoscopio se evaluó la mortalidad y la repelencia de los adultos 4 horas después de la aplicación del tratamiento. La repelencia de los adultos se evaluó contando el número de adultos que se posaban

en cada hoja (con aplicación del extracto o testigo) en el momento del conteo.

Para la repelencia de adultos se utilizó la siguiente fórmula donde se calcula el índice de repelencia (IR).

$$IR = (\% \text{ insectos en el tratamiento}) / (\% \text{ insectos en el tratamiento} + \% \text{ insectos en el testigo}).$$

Donde:

si IR = 1, el extracto evaluado se clasifica como neutro, es decir no presenta propiedades atrayentes o repelentes para el insecto; si IR > 1 se clasifica como atrayente y si IR ≤ 1 se clasifica como repelente (Palma, 2006).

Cuando el porcentaje de mortalidad se presentó entre 5% y 20% se corrigió mediante la fórmula de Abbott:

$$\text{Mortalidad corregida} = ((\% \text{ mort prueba} - \% \text{ mort testigo}) / (100 - \% \text{ mort testigo}) * 100).$$

Donde:

Mort prueba = mortalidad de la prueba o tratamiento
Mort testigo = mortalidad del testigo

Las variables evaluadas fueron índice de repelencia y porcentaje de mortalidad de adultos; a este último se le realizó un análisis de varianza anova al 95 %, y prueba de medias de Tukey para comparar las medias y determinar la diferencia estadística con la ayuda del programa SAS® versión 9.0 (SAS Institute, 2004).

Determinación de las características estructurales y componentes físicos de la edad de las hojas (jóvenes y maduras) de dos cultivares de aguacate (Lorena y Hass)

Se colectaron 10 hojas jóvenes y 10 hojas fisiológicamente adultas de 10 árboles por cultivar (Hass y Lorena) de la finca La Alhambra (05°09'50,1" N, 74°59'56,7" O), a 1283 msnm, en la cual el agricultor realiza un manejo biológico al cultivo. Estas hojas se llevaron al laboratorio de ciencias agroalimentarias de Corpoica centro de investigación Nataima, donde se les midió el área foliar mediante el programa ImageJ (Rasban, 2009). Se realizó una prueba de tensión foliar con la ayuda de un tensiómetro a un área de 5 mm de ancho por 3 cm de largo. Se halló el peso seco específico foliar tomando un área de 2 cm² y se registró su peso en fresco con la ayuda

de una balanza electrónica; se secaron las muestras en una estufa marca Memmert® a una temperatura de 40 °C durante 48 horas (Stanley, 2010) y finalmente, para relacionar la incidencia de la mosca blanca por cultivar (Lorena y Hass), se monitoreó en campo el porcentaje foliar afectado por el insecto en hojas jóvenes y maduras de los cultivares evaluados.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de área foliar, peso foliar específico, tensión foliar (Newton) y porcentaje de área foliar afectada por mosca blanca. Los datos se analizaron mediante un arreglo factorial 2 x 2 (cultivares x edad de la hoja) y un análisis de varianza anova con medias de Tukey, en el programa SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimación de preferencia de mosca blanca *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari* en cultivares de aguacate en campo

El análisis de varianza demostró diferencias estadísticamente significativas para el porcentaje de presencia de mosca blanca *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari* entre los cultivares de aguacate ($p \leq 0,046$). Para determinar las diferencias estadísticas entre las medias de los cultivares evaluados (Lorena, Hass, Choquette y Santana) se realizó la prueba de Tukey que mostró que los cultivares de aguacate Lorena y Hass presentaron diferencias estadísticamente significativas (figura 1). En el cultivar Hass se observó menor infestación de mosca blanca y en el Lorena mayor infestación, lo cual se corroboró en observaciones de campo.

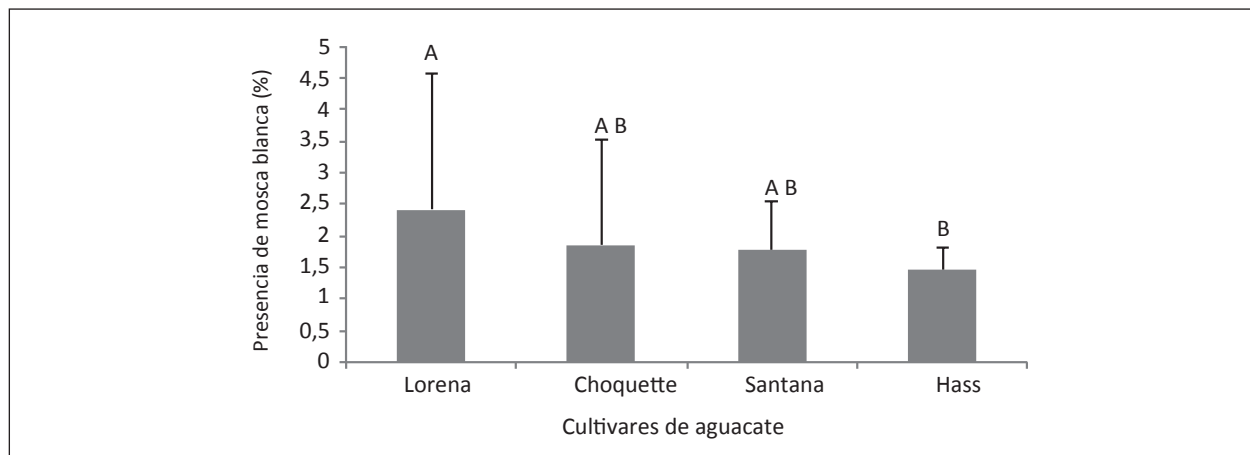


Figura 1. Resultados de la prueba de Tukey para la comparación de las medias ($\bar{x} + EE$) del porcentaje de presencia de mosca blanca en cultivares de aguacate. Fresno, Tolima

Caracterización del manejo de la producción de aguacate

El resultado obtenido de los manejos biológico, moderadamente químico y altamente químico con relación al porcentaje de presencia de mosca blanca en los cultivares Hass, Lorena y Choquette mostró interacción

($p = 0,0399$) entre los factores manejo y cultivar; esto indica que los cultivares se comportaron diferente según el manejo del cultivo. Sin embargo, en los tres manejos, el cultivar Lorena presentó el mayor porcentaje de presencia de mosca blanca, seguido por Choquette y Hass (tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje promedio de presencia de mosca blanca en manejos del cultivo (biológico, moderada y altamente químico) en tres cultivares de aguacate (Hass, Lorena y Choquette) en Fresno, Tolima, semestre B de 2013

Manejo	Cultivares		
	Hass	Lorena	Choquette
Biológico	31,08 ± 2,49	60,85 ± 1,2	37,78 ± 2,63
Moderadamente químico	3,74 ± 0,25	32,71 ± 2,61	8,85 ± 0,7
Altamente químico	35,5 ± 2,05	53,52 ± 2,22	38,52 ± 3,32

Este resultado indica que una adecuada combinación de las prácticas agronómicas realizadas al cultivo genera un control eficiente en el manejo de plagas y demás factores que pueden incidir de forma negativa en el cultivo, mayor productividad al agricultor y menor contaminación al ambiente y a la fauna asociada, al reducir la aplicación indiscriminada de productos de síntesis química (Rodríguez *et al.*, 2011).

El análisis stepwise realizado para determinar la relación entre la presencia de mosca blanca y las prácticas

agronómicas arrojó los siguientes resultados: con fertilización edáfica 53,39% de explicación de la presencia de mosca blanca, en forma directamente proporcional ($p = 0,0253$); con aplicación de insecticidas químicos, 87,44%, de forma directamente proporcional ($p = 0,0020$); con la práctica de “desoldada”, que consiste en retirar una planta hemiparásita (Loranthacea) presente en las ramas del aguacate, el modelo respondió en 95,32%, con una relación inversamente proporcional ($p = 0,0010$) (tabla 2).

Tabla 2. Resultados de regresión tipo stepwise para las prácticas agronómicas que pudieron influir en la presencia de mosca blanca en el cultivo de aguacate. Fresno, Tolima, 2013

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Tipo II SS	F-valor	Pr>F
Fertilización edáfica	8,2312	1,2408	1100,87	44,00	0,0012
Insecticida químico	2,3361	0,5068	531,55	21,25	0,0058
Desoldada*	-3,8755	1,3364	210,38	8,41	0,0338

* Consiste en retirar una planta hemiparásita (Loranthacea) presente en las ramas del árbol de aguacate.

Este resultado indica que la presencia de mosca blanca se vio favorecida inicialmente por el mayor número de aplicaciones de fertilizantes edáficos; esto puede explicarse porque proporcionar una cantidad excesiva de fertilizante a la planta o no seguir un plan de fertilización basado en un análisis de suelos puede ocasionar que la planta tenga una cantidad extra de nutrientes o reserva energética y, por consiguiente, se vuelva más apetecida por los insectos (Sampedro y Zas, 2005).

Otra variable que según el análisis influyó de forma positiva en la presencia de mosca blanca fue la aplicación de insecticidas químicos; a pesar de que los productos de síntesis química son un control radical para los insectos plaga, la aplicación indiscriminada y sin una rotación adecuada de los mismos puede generar cierto nivel de resistencia. Como lo reportan Rodríguez *et al.* (2012),

en Colombia la mosca blanca *Bemisia tabaci* biotipo B mostró altos niveles de resistencia a insecticidas organofosforados y resistencia media para cipermetrina. En este sentido, los niveles de resistencia de adultos de mosca blanca *B. tabaci* biotipo B a insecticidas tradicionales como organofosforados, carbamatos y piretroides están relacionados con el historial de exposición a insecticidas para el control de este insecto plaga (Rodríguez *et al.*, 2012).

Por otro lado, la práctica agronómica de desoldada indicó una relación inversamente proporcional a la presencia de mosca; esto se debe posiblemente a que la planta hemiparásita (Loranthacea) está sirviendo de hospedero alternativo al insecto, según observaciones llevadas a cabo en los cultivos, y al ejercer un control eficiente de esta arvense se disminuye la presencia de mosca blanca en el cultivo de aguacate.

Determinación de metabolitos secundarios

En el resultado obtenido del análisis fitoquímico de algunos metabolitos secundarios, no se observó diferencia cualitativa significativa de la presencia de saponinas, taninos, alcaloides y flavonoides entre los cultivares Hass y Lorena, ni entre la edad de las hojas jóvenes y maduras; además no se detectó la presencia de cardiotónicos ni alcaloides (tabla 3).

Las hojas maduras del cultivar Hass, de acuerdo con el método de Salkowsky, presentaron abundante cantidad de terpenos y esteroides en comparación con las hojas jóvenes de este mismo cultivar, en las que no se detectaron

dichos compuestos; las hojas jóvenes y maduras del cultivar Lorena presentaron baja presencia de terpenos y esteroides. Dichos compuestos tienen un importante valor fisiológico y comercial, debido a que en algunos casos los aceites esenciales actúan como repelentes o tienen funciones protectoras de insectos (Ávalos, 2009).

En cuanto a las cumarinas, en el cultivar Hass se presentaron en una cantidad moderada en las hojas maduras en comparación con las jóvenes; en el cultivar Lorena, no se detectó presencia ni en hojas jóvenes ni en maduras. Según Ávalos (2009), este compuesto actúa principalmente como agente antimicrobiano.

Tabla 3. Análisis fitoquímico y de cuantificación de carbohidratos en hojas de aguacate (jóvenes y maduras) de dos cultivares de aguacate (Hass y Lorena). Fresno, Tolima

Metabolito	Método	Unidad	Muestras			
			Hoja joven de Lorena	Hoja madura de Lorena	Hoja joven de Hass	Hoja madura de Hass
Taninos	Gelatina-sal	NA	ND	ND	+C	ND
Flavonoides	Shinoda	NA	+++	+	++	++
Terpenos y/o esteroides	Lieberman-Burchard	NA	+++E	+++E	+++E	+++E
Terpenos y/o esteroides	Salkowsky	NA	+	+	ND	+++
Cumarinas	NaOH	NA	ND	ND	ND	++
Carbohidratos totales	Espectrofotométrico	%	47,9	30,6	43,7	27
Carbohidratos reductores	Espectrofotométrico	%	21,2	15,8	19,5	15,9
Carbohidratos no reductores	Espectrofotométrico	%	26,8	14,8	24,2	11,2
Pentosas	Espectrofotométrico	%	10,9	4,5	6,9	<0,0025
Hexosas			10,3	11,3	12,6	15,9
+++	Muy abundante	++	Cantidad moderada			
+	Baja cantidad	ND	No detectado			
NA	No aplica	C	Taninos condensados			
E	Esteroides					

El cultivar Lorena presentó mayor porcentaje de carbohidratos totales y carbohidratos no reductores, respecto al cultivar Hass en las hojas jóvenes y maduras; este resultado puede estar relacionado con la mayor presencia de la plaga en el cultivar Lorena. Debido a que los carbohidratos representan la concentración de azúcares y por ende la reserva energética en la planta, como consecuencia se puede presentar mayor disponibilidad de alimento para el insecto. Sucede lo mismo con los carbohidratos no reductores (azúcares complejos o disacáridos), ya que representan mayor valor nutricional para el insecto frente a los carbohidratos reductores (azúcares monosacáridos) que se oxidan fácilmente (Pérez y Cayón, 2010).

En cuanto a pentosas y hexosas, las hojas jóvenes y maduras del cultivar Lorena presentaron el menor

porcentaje al igual que en la hoja madura del cultivar Hass. Estos son compuestos monosacáridos que se degradan fácilmente por lo que son menos apetecidos por los insectos (Pérez y Cayón, 2010).

La prueba de comparación de medias de Tukey de los extractos vegetales de los cultivares de aguacate Lorena y Hass y un insecticida comercial y un testigo arrojó como resultado una diferencia estadísticamente significativa del testigo en comparación con el insecticida y los extractos de los cultivares Lorena y Hass ($p = 0,0121$) (figura 2). Esto sugiere que los compuestos presentes en las hojas de Lorena y Hass en concentraciones altas pueden llegar a tener efecto insecticida sobre la mosca blanca, y que la atracción de esta mosca por Lorena puede estar más relacionada con los nutrientes presentes, específicamente los carbohidratos.

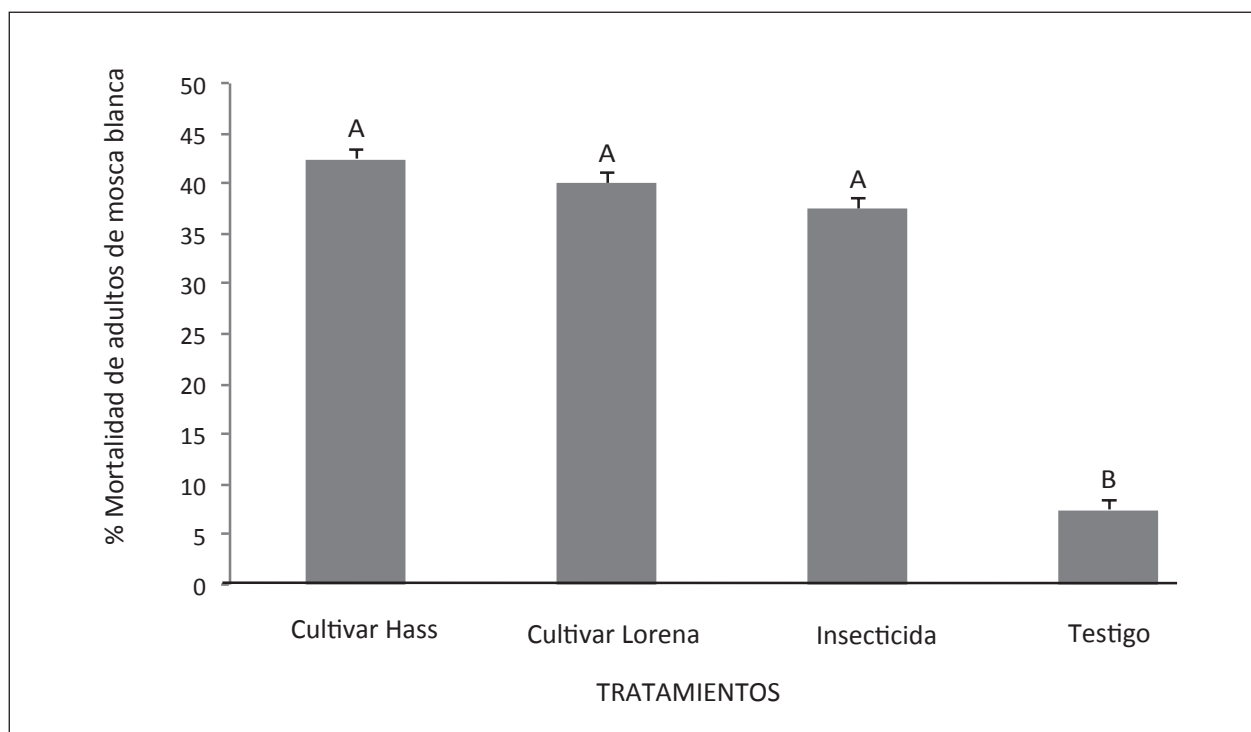


Figura 2. Resultados de prueba de Tukey para la comparación de medias ($\bar{x} \pm EE$) de la mortalidad de adultos de mosca blanca *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari* en prueba de extracto vegetal hidroalcohólico de dos cultivares (Hass y Lorena), insecticida y testigo

El índice de repelencia de adultos de mosca blanca mostró como resultado que el cultivar Hass presentó un IR de $0,89 \pm 0,09$, indicando una acción repelente al insecto. El insecticida comercial también presentó una acción repelente con un IR de $0,99 \pm 0,06$. Por el contrario, el tratamiento del cultivar Lorena presentó una acción neutral con un IR de $1,04 \pm 0,04$.

Este resultado concuerda con los compuestos químicos (terpenos y esteroides) encontrados en una cantidad moderada en las hojas fisiológicamente maduras del cultivar Hass, que según Ávalos (2009) ejercen funciones protectoras o repelentes.

Determinación de características estructurales y componentes físicos de las hojas jóvenes y maduras de dos cultivares de aguacate (Hass y Lorena)

Porcentaje de presencia de mosca blanca versus área foliar. El análisis factorial presentó como resultado que existió interacción entre los factores de cultivar (Hass y Lorena) y edad de las hojas jóvenes y maduras respecto a la presencia de la mosca ($p = 0,0001$). Por tanto, la presencia del insecto mostró la media más alta ($21,67\% \pm 2,00\%$) cuando se presentó la interacción entre las hojas maduras y el cultivar Lorena, siendo esta combinación la de mayor media de área foliar ($89,91 \pm 7,30 \text{ cm}^2$). Lo anterior muestra una relación directamente proporcional con la presencia del insecto con un R^2 de $0,55$ ($p = 0,0001$); esto puede deberse a que a mayor área foliar el insecto tiene condiciones de microclima más adecuadas para su desarrollo.

Porcentaje de presencia de mosca blanca versus peso seco (g) foliar específico. Al realizar el análisis factorial de las variables peso seco específico (2 cm^2) de la edad de las hojas (jóvenes y maduras) de los dos cultivares (Hass y Lorena) y el porcentaje de presencia de mosca blanca, se obtuvo como resultado que no hubo interacción entre los factores edad de la hoja y cultivar ($p = 0,186$). Al realizar un análisis de varianza entre los cultivares Hass y Lorena, el peso foliar específico no mostró diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,1670$). Por el contrario, la edad de la hoja (joven y madura) sí mostró diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,0001$). Al ejecutar la comparación de medias de Tukey, las hojas maduras del cultivar Hass tuvieron un peso promedio de $0,044 \pm 0,001 \text{ g}$ y las de Lorena $0,035 \pm 0,001 \text{ g}$. Las hojas jóvenes presentaron un peso promedio de $0,028 \pm 0,002 \text{ g}$ para el cultivar Hass y $0,024 \pm 0,0005 \text{ g}$ para Lorena.

El porcentaje de área foliar afectada por mosca y el peso seco específico mostraron una relación directamente proporcional con un R^2 de $0,53$ ($p = 0,0001$). Independientemente del cultivar, las hojas maduras presentaron el mayor porcentaje de mosca blanca y el mayor peso foliar seco. Esto puede ser explicado porque al estar las hojas maduras expuestas más tiempo a la acción de la plaga el daño producido se acumula (Stanley, 2010). Caso contrario sucede con las hojas jóvenes que presentan menor porcentaje de mosca blanca, debido a que tienen un metabolismo más intenso y mayor capacidad fotosintética, por lo cual la planta asignaría más nutrientes y por tanto más recursos de defensa,

disminuyendo la amenaza de plagas (Stanley, 2010). En este sentido, las hojas jóvenes tienen mayor succulencia y esto conlleva una baja concentración de compuestos estructurales que se ve reflejada en menor peso seco foliar, explicando lo observado en las variables medidas.

Porcentaje de presencia de mosca blanca versus tensión foliar. El resultado obtenido del análisis factorial realizado a las hojas jóvenes y maduras de los cultivares Hass y Lorena de aguacate, respecto al porcentaje de área foliar afectada por mosca blanca, indicó que no existió interacción entre el factor edad de la hoja (joven y madura) y el cultivar ($p = 0,3958$). El factor que presentó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0001$) fue la edad de la hoja (joven y madura). Al comparar las medias de Tukey, los valores más altos de tensión se presentaron en las hojas maduras de los dos cultivares: Hass $2,99 \pm 0,053 \text{ N}$ y Lorena $2,92 \pm 0,055 \text{ N}$. Por el contrario, las hojas jóvenes presentaron los valores más bajos con $1,43 \pm 0,045 \text{ N}$ para Hass y el cultivar Lorena presentó $1,58 \pm 0,050 \text{ N}$. Esto indica que la tensión foliar es mayor en hojas adultas que en las jóvenes, independientemente del cultivar, mostrando una relación directamente proporcional con la presencia de la mosca blanca con un R^2 de $0,58$ ($p = 0,0001$). A pesar de que las hojas maduras presentaron mayor tensión foliar, son más susceptibles al ataque de insectos, debido a la extracción de recursos por parte de la misma planta y a la acumulación del daño a través del tiempo (Stanley, 2010).

CONCLUSIONES

La mayor presencia de mosca blanca en Lorena que en Hass está relacionada principalmente con la mayor cantidad de carbohidratos totales y no reductores, que pueden ser atrayentes a insectos en el primero, y con la presencia de algunos metabolitos secundarios como terpenos y/o esteroides que pueden ser repelentes, en el último.

El manejo racional de la finca puede reducir la infestación de mosca blanca; en especial se debe tener cuidado con excesos en la fertilización edáfica y la aplicación de insecticidas y llevar a cabo la práctica de retirar la planta hemiparásita (Loranthaceae).

El manejo moderadamente químico presentó la menor infestación de mosca blanca, indicando que un manejo adecuado de las prácticas agronómicas genera un

control efectivo en el manejo de las plagas. Dentro de las prácticas que pueden afectar la presencia de mosca blanca sobresalen la fertilización edáfica y la aplicación de insecticidas con una influencia directa; a su vez, la práctica de retirar la planta hemiparásita (Loranthaceae)

influyó en forma inversamente proporcional en la presencia del insecto-plaga.

Se debe direccionar el trabajo de investigación sobre mosca blanca en aguacate hacia el cultivar Lorena.

REFERENCIAS

- Amórtregui I. 2001. El cultivo de aguacate, módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. Ibagué, Prohaciendo, 18 p.
- Ávalos A. 2009. Metabolismo secundario de plantas. 2a ed. Madrid, Reduca, 142 p.
- Badii M, Garza V. 2007. Resistencia en insectos, plantas y microorganismos. *Cultura Científica y Tecnológica* 4:9-25.
- Bucay L. 2009. Estudio farmacognóstico y actividad antimicrobiana de la violetilla (*Hybanthus parviflorus*). En: <http://dspace.espoeh.edu.ec/browse?type=author&value=Bucay+Morochoc+Luis+Carlos>. Consulta: octubre 2013.
- Cardona C, Rodríguez I, Bueno J, Tapia X. 2005. Biología y manejo de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en habichuela y en frijol. Cali, CIAT, 21 p.
- Cruz G. 2013. Determinación de la influencia de los factores ambientales y fenología del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.), sobre la fluctuación poblacional de mosca blanca (*Paraleyrodes* sp. y *Aleurocanthus* sp.) en los municipios de Fresno y Herveo, Tolima (tesis de grado). Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia, 128 p.
- Granados C. 2010. Alternativas biorracionales para el control de *Paratrioza bactericera cockerelli* Sulzer (Hemiptera: *Psyllidae*) en laboratorio (tesis Maestría en Ciencias). Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Oaxaca, México, 95 p.
- Londoño M. 2008. IV Insectos. En: Bernal J, Díaz C. Tecnología para el cultivo del aguacate. 5a ed. Rionegro, Corpoica. 119 p.
- Miller J. 2004. Caracterización de la resistencia a la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis* Bondari (Homóptera: Aleyrodidae) en genotipos de yuca (*Manihot sculenta* Crantz). En: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/poster_07_epmr07.pdf. Consulta: agosto 2013.
- Nascimento G, Guedes M, Barros R. 2006. Extractos acuosos de *Leucocephala e Sterculia* no controle de *Bemisia tabaci* biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Ciencia Rural* 36(5):1-8.
- Palma M. 2006. Evaluación de polvos y extractos de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) en laboratorio. En: http://www.bibliodigital.udec.cl/sdx/UDEC4/tesis/2006/espinoza_m/doc/espinoza_m.pdf. Consulta: agosto 2013.
- Pascal C, Basso C, Grille G, Franco J. 2003. Evaluación del tabaco, *Nicotiana tabacum*, falsa mandioca, *Manihot graham*, ruda, *Ruta graveolens*, estrella federal, *Euphorbia pulcherrima*, y berenjena, *Solanum melongena*, como plantas hospederas para la cría de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Revista Chilena de Entomología* 29 (5):81-88.
- Pérez A, Cayón G. 2010. Metabolismo de carbohidratos en palmas de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) afectadas por marchitez letal. *Agronomía Colombiana* 28(2):1-4.
- Rasban W. 2009. ImageJ, Mac OS X. National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA.
- Rattan RS. 2010. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protection* 29(9):913-920.
- Rodríguez S, Leicach S, Delfino S, Yaber M, Russoi S, Gagliettil M. 2011. Efecto de extractos de *Chenopodium album* sobre los estados larval y adulto de *Oryza ephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae). *Idesia* 29(1):51-56.
- Rodríguez A, Uva V, Valle H, Segura R, Guillén C, Sandoval J, Laprade S. 2011. Colombia, Costa Rica y Nicaragua, reduciendo el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe. Bogotá, Ministerio del Medio Ambiente, 15-21 p.
- Rodríguez I, Bueno J, Cardona C, Morales H. 2012. Biotipo B de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae): plaga de pimentón en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 31(1):1-23.
- Sampedro L, Zas R. 2005. Herbivoría de corteza sobre coníferas de interés forestal, el caso de *Hylobius abietis*. Efecto de la fertilización de establecimiento y posibilidades de selección de progenies resistentes. En: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/45760/1/Zas%20Herbivor%C3%ADa%20de%20corteza%20sobre%20con%C3%ADferas%20de%20inter%C3%A9s%20forestal.pdf>. Consulta: octubre 2013.
- SAS Institute Inc. 2004. Copyright © SAS® 9.0.
- Stanley E. 2010. Herbivoría y características foliares en función de la edad en hojas de *Piper* sp. (Piperaceae). En: <http://ecologia.ib.usp.br/curso/2010/pages/pdf/PI/relatorios/estefania.pdf>. Consulta: diciembre 2013.
- Segura C. 2012. Identificar las especies de mosca blanca de aguacate y evaluar en campo el potencial de control con diferentes alternativas en el municipio de Fresno, Tolima. En: <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/handle/11158/108>. Consulta: septiembre 2013.
- Varón E. 2013. Informe de avance del proyecto Determinación de los factores incidentes en la prevalencia del problema fitosanitario de mosca blanca en aguacate (*Persea americana* Mill) Hass en el norte del Tolima. Colciencias y Corpoica. 48 p.
- Velásquez E, Arciniegas J, Arias C, Ruiz A, Alvarado L. 2011. Anuario estadístico del sector agropecuario, Bogotá, Editorial JL Impresores Ltda. 72-126 p.
- Yabrudy J. 2012. El aguacate en Colombia: estudio de los Montes de María, en Caribe colombiano. En: <http://www.banrep.gov.co/es/node/27797>. Consulta: julio 2013.