

Aspectos biológicos de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre cultivares de *Musa* spp.: posible rol de la anatomía y química de la hoja

Diego Balza, Carlos Vásquez, Rosario Valera

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Agronomía. Departamento de Ciencias Biológicas. Barquisimeto, estado Lara. Venezuela. E-mail: cvasqz@yahoo.com

Resumen

BALZA D, VÁSQUEZ C, VALERA R. 2015. Aspectos biológicos de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre cultivares de *Musa* spp.: posible rol de la anatomía y química de la hoja. ENTOMOTROPICA 30(18): 181-192.

Las especies de *Musa* han sido señaladas como hospederas potenciales de *Raoiella indica*; sin embargo, hasta el presente no se conocen algunos aspectos de la relación planta hospedera-plaga. En el presente trabajo se estudió el posible efecto de la anatomía y química foliar en varios cultivares de *Musa* sobre algunos parámetros biológicos del ácaro. *Raoiella indica* sólo logró completar su desarrollo sobre los cultivares Manzano y Topocho, con tasas de supervivencia hasta la fase adulta de 36 % y 7,2 %, respectivamente. Con relación a la oviposición, no se observaron diferencias significativas entre ambos cultivares. Los resultados sugieren que tanto los parámetros anatómicos como la composición química (principalmente fenoles) parecen afectar la alimentación y reproducción de *R. indica*. Esto indica que dichos aspectos podrían estar relacionados con la resistencia del cultivar, por lo que se requiere realizar estudios en otros cultivares de valor comercial para validar los presentes resultados.

Palabras clave adicionales: Acaro rojo de las palmeras, biología, *Musa*, resistencia varietal.

Abstract

BALZA D, VÁSQUEZ C, VALERA R. 2015. Biological aspects of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on *Musa* spp. cultivars: possible role of leaf anatomy and chemistry. ENTOMOTROPICA 30(18): 181-192.

Musa species have been reported as potential hosts for *Raoiella indica*; however, detailed information about host plant-pest relationship is not yet available. In this study, the possible effect of leaf anatomy and chemical composition in various *Musa* cultivars were evaluated on some mite's biological parameters. *Raoiella indica* reached adulthood only on cultivars Manzano and Topocho, showing adult survival rate 36 % and 7.2 %, respectively. In relation to oviposition, no significant differences were found between cultivars. Results suggest that anatomical features and chemical composition (mainly phenols) seem to influence *R. indica* feeding and reproduction. These facts suggest that these parameters seem to be related to cultivar resistance, thus more studies on other commercially important *Musa* cultivars should be addressed in order to validate our results.

Additional key words: Biology, cultivar resistance, *Musa*, red palm mite.

Introducción

El ácaro rojo de las palmeras, *Raoiella indica*, fue introducido en varias islas del Caribe incluyendo Martinica (Flechtmann y Etienne 2004, 2005); Santa Lucía, Dominica (Kane et al. 2005); Guadalupe, San Martín (Etienne y Flechtmann 2006); Puerto Rico e Isla Culebra (Rodrigues et al. 2007). A finales del 2007, fue señalado sobre plantas de coco y banana en Güiría, al nordeste de Venezuela (Vásquez et al. 2008a) y posteriormente en el norte de Brasil (Návia et al. 2011) y en Colombia (Carrillo et al. 2011). *Raoiella indica* ha sido considerada una plaga del coco (*Cocos nucifera* L.) y palma areca (*Areca catechu* L.) en India (Daniel 1981, Nagesha y Channabasavanna 1984), así como de palma dátíl (*Phoenix dactylifera* L.) en Egipto (Zaher 1969).

En la Región Neotropical, *R. indica* ataca especies de Arecaceae, principalmente coco, aunque también algunas especies de Musaceae y otras familias botánicas han sido señaladas como hospederas (Carrillo et al. 2012, Rodrigues e Irish 2012). Entre las especies de *Musa* donde esta especie de ácaro ha sido señalada se incluyen *Musa paradisiaca* y *M. sapientum* en Cuba (González y Ramos 2010), *M. acuminata* y *M. liukiuensis* en Florida (Carrillo et al. 2012) y *Musa* sp. en Venezuela (Vásquez y Moraes 2013).

Hasta el presente, los estudios sobre *R. indica* están referidos principalmente a especies de Arecaceae, los cuales indican que el tiempo de desarrollo varía desde 31 días sobre hojas de palma areca (Flores-Galano et al. 2010), 24,5 días sobre hojas de coco a temperatura entre 23,9 – 25,7 °C (Nagesha Chandra y Channabasavanna 1984) hasta 21,4 días sobre palma dátíl a 25,7 °C (Zaher 1969). En estudios conducidos por González y Ramos (2010), se encontró que tanto la longevidad como la oviposición de *R. indica* fueron menores sobre *M. acuminata* (14,8 días y 7,83 huevos, respectivamente) comparadas con los valores obtenidos en coco (24,11 días

y 12,58 huevos, respectivamente), pero no detectaron diferencias en el tiempo de desarrollo. Por otra parte, se han observado infestaciones en plantaciones de banana en Dominica y Florida (Cocco y Hoy 2009), en plantaciones no comerciales en Venezuela (Vásquez et al. 2008a) y norte de Brasil (Návia et al. 2011). Sin embargo, el potencial biológico de la plaga ha mostrado variaciones dependiendo del cultivar de *Musa* (Cocco y Hoy 2009); así, Rodrigues e Irish (2012) observaron resistencia al ataque de *R. indica* en bananas del grupo Cavendish, a las cuales pertenece la mayoría de las bananas usadas para exportación en Puerto Rico.

De acuerdo con Ochoa et al. (2011), las especies de *Raoiella* se alimentan insertando su estilete a través de la apertura estomática y no a través de las células epidérmicas, por lo que posiblemente el estrato cutícula-epidermis constituye una barrera física para la alimentación de *R. indica*. Egurrola (2012) observó que la disposición de los estomas sobre la superficie foliar pudiera facilitar la introducción del infra-capítulo y el estilete y que la presencia y concentración de metabolitos secundarios también puede afectar la alimentación de esta especie plaga en palmeras ornamentales. Así mismo, las características morfo-químicas de la planta pueden influenciar la capacidad de una especie fitófaga para causar daño (Crooker 1985) y están asociadas con mecanismos de defensa cuya expresión y estabilidad dependen del genotipo, tanto de la planta como de la plaga y de las interacciones genéticas entre ambos (Ponti 1985, Dent 2000). Desde el punto de vista morfo-anatómico, la presencia de tricomas y glándulas foliares, grosor de la epidermis y de la cutícula pueden constituir barreras físicas para la alimentación de los fitófagos (Bailey et al. 1978, Dalin et al. 2008, Müller 2008) afectando consecuentemente su sobrevivencia. Por otra parte, la presencia de metabolitos secundarios, tales como compuestos fenólicos, también pueden afectar la sobrevivencia y fecundidad

de los ácaros (Ponti 1985) y sobre la resistencia de la planta contra patógenos (virus, bacterias, hongos) y herbívoros (artrópodos y vertebrados) (Wink 1998).

En Venezuela se explotan diferentes cultivares de *Musa*, siendo el plátano Hartón AAB y cambur Manzano AAB los más demandados por su capacidad productiva, aunque este último ha mostrado ser susceptible a diversas enfermedades las cuales traen como consecuencia un bajo rendimiento, lo que le resta competitividad en el mercado interno (Martínez 2009). Sin embargo, no existe información del comportamiento de los cultivares ante el ataque de *R. indica*. En tal sentido, el presente estudio pretende obtener información sobre el desarrollo de *R. indica* en especies de *Musa* frecuentemente usadas en Venezuela, así como evaluar las posibles barreras químicas y anatómicas para la alimentación del ácaro.

Materiales y Métodos

Colecta y mantenimiento de la colonia de ácaros

El ácaro rojo de las palmeras fue colectado en plantas de coco naturalmente infestadas en Chichiriviche, municipio Monseñor Iturriza, estado Falcón, Venezuela. Las muestras de hojas fueron envueltas en papel absorbente, colocadas en bolsas plásticas con cierre hermético y llevadas al laboratorio en cavas refrigeradas para evitar la muerte de los ácaros por las altas temperaturas del campo y mantenidos en refrigeración hasta ser usados en la cría. Para la cría del ácaro rojo del cocotero se siguió el método descrito por Helle y Overmeer (1985). Las unidades de cría estaban conformadas por discos de hoja tomadas del tercio medio de la planta de cada cultivar (3 cm de diámetro) con la cara abaxial hacia arriba dispuestos sobre una lámina de poliuretano. Cada disco de hoja fue bordeado con una banda de algodón humedecida con agua destilada para evitar el escape de los ácaros y mantener la

turgencia del disco de hoja. Diariamente, tanto el poliuretano como la banda de algodón fueron saturados con agua destilada.

Sobre las unidades de cría fueron colocados hembras y machos colectados en campo para favorecer la cópula y obtener un total de 500 huevos. Una vez obtenidos los huevos, las hembras y machos traídos del campo fueron eliminados y las unidades de cría fueron observadas diariamente hasta la emergencia de los adultos. Estos adultos recién emergidos fueron usados para iniciar el estudio de ciclo biológico

Determinación de la duración del ciclo de vida y oviposición de *R. indica* criado sobre cultivares de *Musa*

El ciclo de vida de *R. indica* fue estudiado en discos de hojas de *Musa* AAA cv. Guineo, *Musa* AAB subgrupo Plátano cv. Hartón, *Musa* AAB cv Manzano y *Musa* ABB cv Topocho en condiciones de laboratorio ($27,6 \pm 1^\circ\text{C}$, $47,2 \pm 10\%$ HR, 12:12 L:O).

Los huevos obtenidos fueron observados cada 12 horas para registrar el tiempo de incubación. Una vez emergidas las larvas, estas fueron transferidas individualmente a nuevas arenas del cultivar respectivo y observadas bajo el aumento de la lupa estereoscópica cada 12 h para registrar el tiempo de duración de los diferentes estadios de desarrollo (larva, protoninfa, deutoninfa). Cada 3-4 días, los discos fueron sustituidos, para mantener una adecuada condición fisiológica del substrato de cría y los ácaros transferidos con ayuda de un pincel fino (000). Adicionalmente, en cada cultivar fue evaluado el período de oviposición en 20 hembras recién emergidas mantenidas junto a 5 machos provenientes del ensayo de ciclo de vida. Cada 24 horas fue registrado el número de huevos/hembra y el número de días de la oviposición de cada hembra.

Análisis estadístico

Los ensayos de duración del ciclo de vida, tasa de oviposición y supervivencia de *R. indica* fueron conducidos en un diseño completamente al azar con 20 repeticiones. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y posteriormente prueba de medias según Tukey, utilizando el paquete estadístico Statistix versión 8.0.

Aspectos de la anatomía foliar en cultivares de *Musa* como barreras a la alimentación de *R. indica*

Recolección del material vegetal: Se colectaron hojas de cuatro cultivares de *Musa* spp. (Guineo, Manzano, Plátano y Topocho) en fincas productoras de cacao con musáceas como cultivo asociado en el municipio Ospino, estado Portuguesa.

Cortes transversales: Para los estudios de la sección transversal de la lámina foliar se realizaron cortes a mano alzada del tercio medio de hojas completamente maduras. Cada sección fue teñida con solución de azul de toluidina y montadas en láminas portaobjeto con una mezcla de agua: glicerina (1:1). Las láminas fueron selladas con esmalte transparente (Valera 2005). Las variables grosor de la cutícula+pared celular externa abaxial, grosor de epidermis abaxial y grosor de la lámina fueron medidas en fotografías tomadas al microscopio con cámara incorporada (Motic Image Plus 2.0 ML) en un campo de 40X usando el programa ImageJ 1.44.

Vista frontal: La vista frontal fue obtenida mediante la técnica del macerado (Valera 2005). Fueron tomados segmentos de hoja de aproximadamente 2 cm², que fueron transferidos a una solución de hipoclorito de sodio (5,25 %) y calentados durante 2 a 4 horas o hasta que el tejido había sido aclarado. Luego las epidermis adaxial y abaxial fueron separadas con la ayuda de un pincel y lavadas con abundante agua destilada. Posteriormente fueron teñidas con solución de azul de toluidina, colocadas en láminas portaobjeto con una mezcla de agua:

glicerina (1:1) y selladas con esmalte transparente (Valera 2005). Las variables número de estomas, índice y densidad estomática, fueron medidas en fotografías tomadas al microscopio con cámara incorporada (Motic Image Plus 2.0 ML) en un campo de 40X usando el programa ImageJ 1.44.

El índice estomático fue calculado mediante la fórmula sugerida por Wilkinson (1979):

$$IE = \frac{NE \times 100}{CE + NE}$$

Siendo;

NE: el número de estomas por campo de observación

CE: el número de células epidérmicas típicas en el campo.

La densidad estomática (DE) se obtuvo contando el número de estomas en un área de 0,0825 mm², equivalente al diámetro del campo observado.

Análisis estadístico

Los datos sobre anatomía foliar fueron sometidos a análisis estadístico mediante el programa estadístico Statistix versión 8. Las variables que mostraron diferencias significativas fueron analizadas mediante prueba de medias de acuerdo a prueba de rango de Tukey.

Concentración de metabolitos secundarios en cultivares de *Musa* como posible barrera a la alimentación de *R. indica*

Obtención de extractos vegetales

En el laboratorio, muestras de hojas de los cultivares antes mencionados fueron procesadas de acuerdo a la metodología propuesta por Marcano y Hasegawa (2002). Fueron seleccionadas hojas de cada cultivar de *Musa* aparentemente sanas y en buen estado, secadas bajo sombra aproximadamente durante una semana y posteriormente molidas en una licuadora. Cinco gramos del polvo resultante de cada cultivar fueron mezclados con 150 ml de etanol (96 %) y almacenados en envases color

ámbar. Transcurridas 48 h, el líquido fue filtrado a través de cuatro capas de gasa, transferido a un balón de destilación y concentrado en un rotavapor (Brinkam^{MR}, mod. RE111) a 100 °C. El extracto crudo obtenido fue almacenado a 15 °C hasta ser usado para la determinación cualitativa y cuantitativa de los metabolitos secundarios.

Determinación cualitativa

Alcaloides, fenoles y flavonoides: La determinación cualitativa fue realizada por cromatografía de capa fina siguiendo la metodología sugerida por Marcano y Hasegawa (2002). Para ello, dos gotas del extracto etanólico de cada cultivar de *Musa* fueron colocadas a 1 cm de uno de los extremos de un cromatofolio de sílica gel (Merk®, TLC60 F₂₅₄) (6,5 cm de largo x 2,5 cm de ancho) usando una micropipeta. Posteriormente, los cromatofolios fueron tratados con diferentes solventes de acuerdo al metabolito secundario a ser determinado, colocados en una cámara cromatográfica y finalmente revelados (Cuadro 1).

Saponinas: El extracto etanólico fue diluido en agua destilada (1:1) y agitado vigorosamente durante 1 min hasta la formación de espuma. La persistencia después de 15 min fue considerada positiva, de acuerdo a Marcano y Hasegawa (2002). El contenido de saponinas fue valorado de acuerdo a la escala de Cuellar et al. (1999): 0 mm (negativo); 0,1- 5,0 mm (muy bajo); 5,1- 9,0 mm (bajo); 9,1- 14 mm (moderado) y > 14 mm (alto).

Aceites esenciales: la presencia fue determinada por la emisión de aroma característico que confiere este grupo de metabolito secundario (MS) al extracto etanólico (EE) (olor cítrico).

Determinación cuantitativa

La cuantificación fue hecha siguiendo la metodología de Vásquez et al. (2008b). Esta consistió en marcar el área ocupada por la presencia del metabolito secundario en el cromatofolio de sílica-gel. Posteriormente,

fueron extraídas tres secciones de área conocida (AC) con ayuda de un perforador, raspadas y pesadas en una balanza analítica (Ohaus Adventure N° AR2140) para determinar el peso (g) de cada metabolito. Estas secciones estaban conformadas por MS + sílica + solvente. De manera similar, el espacio restante del área recorrida por el MS, constituido por MS + sílica + solvente, fue raspado y denotado como área desconocida (AD). Adicionalmente, se preparó un número similar de discos de cromatofolios conteniendo sólo sílica + solvente, los cuales constituyeron el control. Estos discos también fueron raspados y pesados para obtener el área de control (ACt).

La cantidad total de metabolitos secundarios (expresada en mg/mL) contenidos en la mancha del cromatofolio fue calculada mediante la siguiente fórmula:

$$mg \text{ de } \frac{MS}{ml} = \frac{\left[\left[\frac{AD * (AC - ACt)}{AC} + (AC - ACt) \right] * 1000 \right] * 1000}{20\mu L}$$

Resultados y Discusión

Duración del ciclo de vida de *R. indica* criado sobre varios cultivares de *Musa*

La duración del ciclo de vida de *R. indica* varió por efecto del cultivar de *Musa* (Cuadro 2). Esta especie logró completar su desarrollo sólo sobre los cultivares Manzano y Topocho en los cuales no se observaron diferencias significativas en el tiempo de desarrollo total del ácaro, el cual se completó en 24,4 y 24,9 días, respectivamente. A pesar de no haber obtenido diferencias en el tiempo total, el tiempo de duración de las fases de larva y protoninfa fue 10,2 y 25,7 % más lento cuando los ácaros fueron criados sobre el cultivar Manzano que en Topocho. Sobre los cultivares Plátano y Guineo pocas larvas se desarrollaron y ninguna alcanzó el siguiente estado de desarrollo.

Estudios previos indican que *R. indica* se desarrolló en 33,35 días (González y Ramos

Cuadro 1. Eluyentes y métodos de revelados para la determinación de los grupos de metabolitos secundarios presentes en el extracto etanólico de cultivares de *Musa*. Fuente: Marcano y Hasegawa (2002).

Metabolito secundario	Solventes	Revelado
Alcaloides	N-Butanol: Ac. Acético: Agua (9:2:1)	Luz UV; presencia coloración naranja intenso es considerada como positiva.
Fenoles	Agua: Ac. Acético (9:1)	Se rocía la cromatografía con cloruro férrico al 1%, coloración parda oscura es considerada como positiva.
Flavonoides	Benceno: Ac. Acético: Agua (6:3,5:1)	UV; presencia coloración fluorescente blanquecina es considerada como positiva.

Fuente: Marcano y Hasegawa (2002).

Cuadro 2. Tiempo de desarrollo en días (\pm DE) de *Raoiella indica* en diferentes cultivares de *Musa* de uso comercial en Venezuela.

Cultivares	Huevos	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Huevo-adulto
Manzano	5,9 \pm 1,33a	6,5 \pm 0,52a	4,4 \pm 0,63a	8,1 \pm 1,67a	24,4 \pm 2,43a
Topocho	6,8 \pm 1,23a	5,9 \pm 0,88b	3,5 \pm 0,71b	8,2 \pm 3,01a	24,9 \pm 3,50a
Plátano	6,1 \pm 1,11	2,3 \pm 2,27	-	-	-
Guineo	6,2 \pm 1,77	3,2 \pm 1,26	-	-	-

Valores en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas según prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$).

2010) y 32,4 días (Ramos et al. 2011) a 26,3 °C en hojas de cambur (*Musa acuminata* Colla subgrupo Cavendish) clon Gran enano. Dado que las temperaturas usadas en este y los estudios previos son similares, las diferencias en el tiempo de desarrollo pudieran ser debidas a la presencia de mecanismos de resistencia de los diferentes genotipos de *Musa*. En tal sentido, Rodrigues e Irish (2012) observaron que accesiones de *Musa* ‘Grand Naine’ soportaban menor cantidad de ácaros que la accesión ‘PITA 16’. Por otra parte, Cocco y Hoy (2009) observaron que las hembras del acaro rojo de las palmeras no lograron establecerse sobre discos de hoja de las variedades de banano y plátano (Dwarf Cavendish, Dwarf Nino, Gran Nain, Dwarf Zan Moreno, Dwarf Green, Truly Tiny, *Musa sumatrana* \times Gran Nain, Dwarf Puerto Rican, Rose, Nang Phaya, Misi Luki, Lady Finger, Glui Kai, Eburn Musak y Manzano) ni en plantas de

banano en macetas (variedades Glui Kai, Dwarf Green y Nang Phaya). La diferencia entre los resultados mostrados por estos autores y los del presente estudio con relación al desarrollo sobre los cultivares Manzano y Topocho, pudiera deberse a la manipulación y preparación de los discos de hoja. Según Beard et al. (2012), el lavado y cepillado de los discos de hoja para eliminar depredadores usado por Cocco y Hoy (2009), puede producir el desprendimiento de las capas cerosas de la superficie de la hoja, provocando obstrucción de la apertura estomática y como consecuencia el ácaro no es capaz de alimentarse. Las ceras de la epidermis cuticular en *Musa acuminata* se desarrollan de varias formas y son fácilmente desprendidas y acumuladas sobre la superficie foliar pudiendo cerrar la abertura estomática (Beard et al. 2012), por donde *R. indica* introduce su infracapítulo

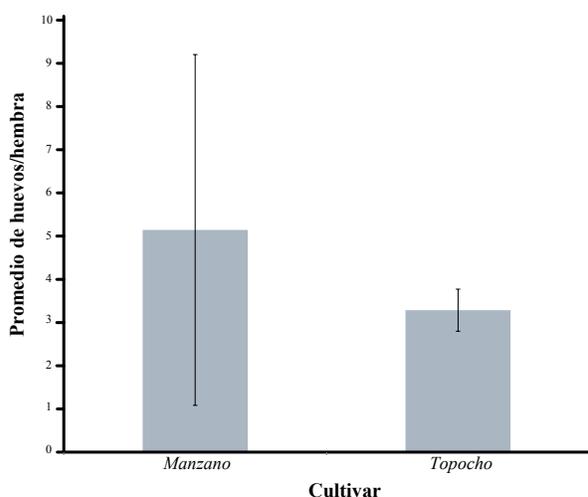


Figura 1. Tasa de oviposición de *R. indica* sobre los cultivares Manzano y Topocho

para alimentarse de las células del mesófilo (Ochoa et al. 2011).

Con relación a la oviposición, *R. indica* sólo logró ovipositar sobre hojas de los cultivares Manzano y Topocho, sin diferencias significativas en las tasas de oviposición ($p < 0,2526$, $gl=13$, $F=1,44$) (Figura 1). González y Ramos (2010) también encontraron que la oviposición total de *R. indica* fue 37 % más baja en *Musa acuminata* subgrupo Cavendish clon Gran Enano que en cocotero. De acuerdo con Tabashnik et al. (1981), las variaciones en la tasa de oviposición de un organismo pudieran ser parcialmente explicadas por el efecto tanto de la planta hospedera como por la genética del herbívoro. Sin embargo, estas variaciones han sido principalmente comprobadas entre poblaciones, quedando aún sin explicar cómo la genética actúa para explicar las variaciones intra-poblacionales de la oviposición (Thompson 1988).

Con relación a la tasa de supervivencia, los mayores valores fueron observados cuando *R. indica* fue criada sobre hojas del cultivar Manzano, sobre el cual 76 % de los huevos se desarrollaron hasta larva y 36 % alcanzó el estado adulto (Figura 2). Aunque en el cultivar

Topocho un alto porcentaje de huevos (84,8 %) alcanzó la fase de larva, apenas 7,2 % alcanzó la fase adulta. De manera similar, Cocco y Hoy (2009) señalan porcentajes de supervivencia del ácaro rojo de las palmeras sobre los cultivares de banana Glui Kai, Dwarf Green, Nang Phaya, los cuales oscilaron entre 30, 22 y 0 %, respectivamente.

Aunque las hembras de *R. indica* mostraron alta tasa de oviposición al inicio del ensayo sobre los cultivares Plátano y Guineo, se observó que en promedio las larvas sobrevivieron entre $2,3 \pm 0,89$ y $3,2 \pm 1,26$ días y la totalidad murió a los tres y cinco días, respectivamente, después de su emergencia, posiblemente debido a que no pudieron alimentarse sobre estos sustratos (Figura 3).

Aspectos de la anatomía y concentración de metabolitos secundarios en hojas de cultivares de *Musa* como posibles barreras a la alimentación de *R. indica*

El menor valor en el grosor del estrato cutícula + pared celular de la célula epidérmica abaxial + epidermis abaxial fue observado en los cultivares Manzano ($9,00 \mu\text{m}$) y Topocho ($9,93 \mu\text{m}$) y difieren significativamente de los obtenidos para Plátano y Guineo (Cuadro 4). Con relación a la densidad estomática, esta fue mayor en los cultivares Manzano y Plátano y el índice estomático fue mayor en Plátano (9,2). Basados en los parámetros de la anatomía foliar, el grosor del estrato cutícula+pared celular de la epidermis abaxial+epidermis abaxial pudo haber imposibilitado la alimentación de *R. indica* sobre los cultivares Guineo y Plátano.

La epidermis e hipodermis ejercen un papel importante en la defensa y supervivencia de las plantas debido a que la protegen de la pérdida excesiva de agua y la entrada de sustancias nocivas y patógenos (Reina-Pinto y Yephremov 2009), por lo que frecuentemente ésta puede ser gruesa, fibrosa o cubierta de capas de cera (Ochoa et al. 2011).

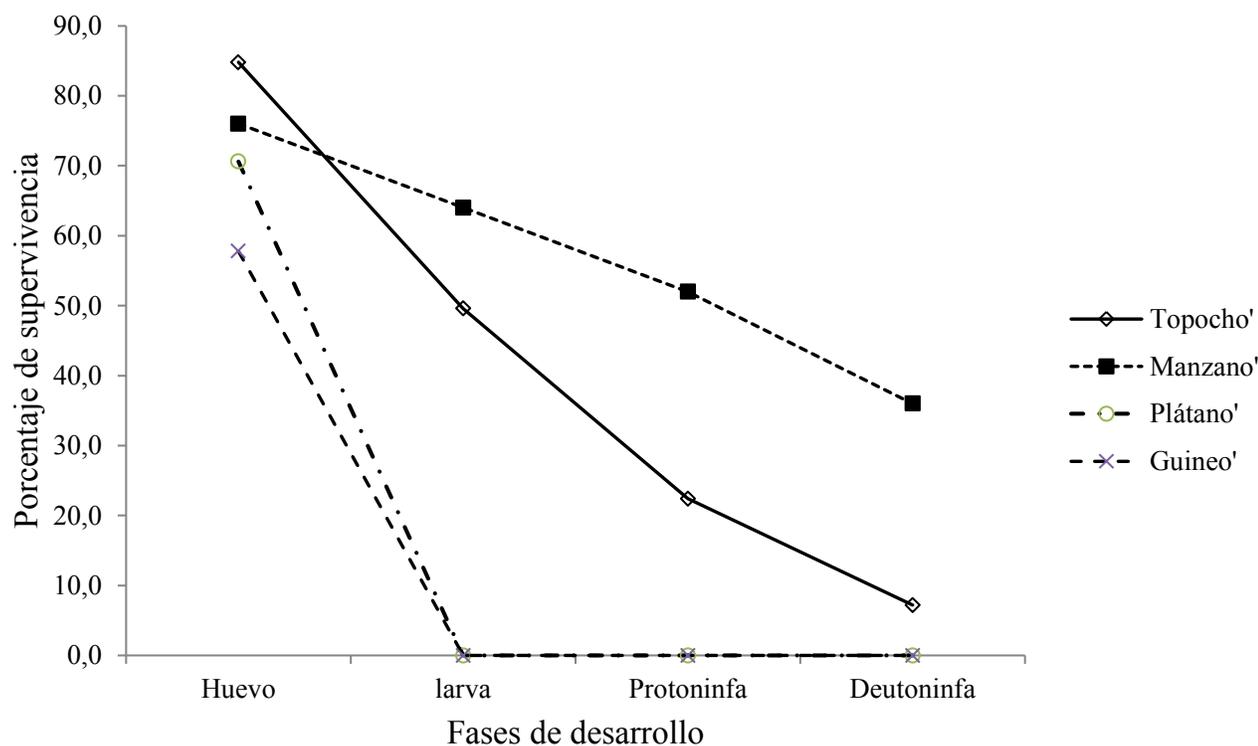


Figura 2. Porcentaje de supervivencia de las diferentes fases de desarrollo de *R. indica* sobre varios cultivares de *Musa*.

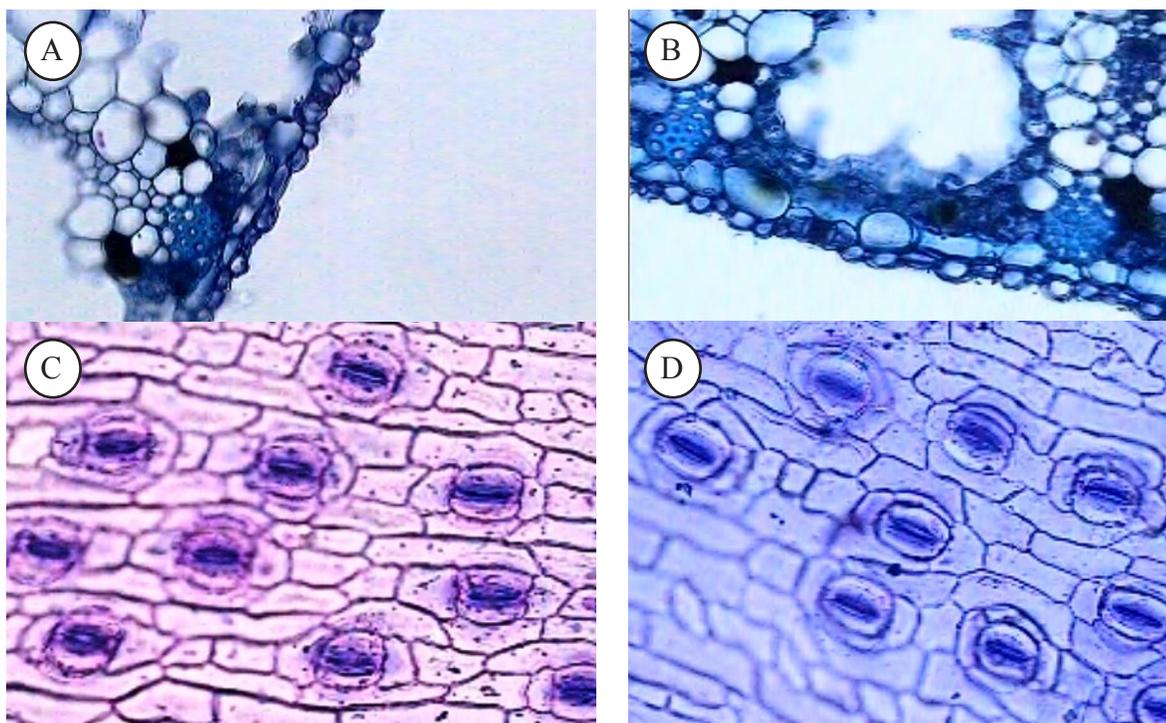


Figura 3. Corte transversal de hojas mostrando grosor de la cutícula+pared de la epidermis abaxial y densidad estomática en *Musa* cultivar Manzano (A, C) y Topocho (B, D).

Cuadro 4. Características anatómicas de hojas de cultivares de *Musa*.

	Grosor (μm)			Estomas		
	Cutícula+pared celular de la célula epidérmica abaxial	Epidermis abaxial	Cutícula+pared celular de la célula epidérmica abaxial+ Epidermis abaxial	Ancho de la lámina	Densidad estomática (N° de estomas/mm ²)	Índice estomático
Manzano	2,27±0,46b	6,73±1,10c	9,00±1,25c	369,4±14,61c	187,7±29,36a	7,9±1,02b
Topocho	1,80±0,68b	8,13±0,99ab	9,93±1,09c	328,3±9,29d	179,2±19,20b	7,1±0,70b
Plátano	2,07±0,59b	8,73±0,96a	10,8±1,26ab	530,8±27,06b	250,0±33,47a	9,2±1,40a
Guineo	3,73±0,46a	7,67±0,72ab	11,44±0,63a	677,9±20,87a	147,3±33,33c	5,2±1,49c

Valores en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas según prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$).

Cuadro 5. Contenido de grupos de metabolitos secundarios en diferentes cultivares de *Musa*.

	Grupo de metabolito secundario				
	Alcaloides mg/mL	Flavonoides mg/mL	Fenoles mg/mL	Aceites esenciales (presencia/ausencia)	Saponinas Altura (mm)
Manzano	683,49	182,22	0,00	+	0
Plátano	800,88	779,65	200,61	+	-(1,6)
Topocho	718,86	426,94	0,00	+	-(3,2)
Guineo	384,46	0,00	396,91	+	-(1,4)

Estudios recientes, usando microscopia electrónica de baja temperatura, han demostrado que el ácaro rojo de las palmeras es capaz de alimentarse principalmente a través de las aberturas estomáticas en varias especies de palma, así como *Musa* spp. y *Heliconia* sp. (Ochoa et al. 2011). Sin embargo, la acumulación de material cuticular podría impedir el acceso a la abertura estomática, dificultando así la alimentación (Beard et al. 2012). En consideración a estos estudios, es posible suponer que tanto los aspectos relacionados con la cutícula epidérmica como la densidad estomática pudieran afectar la alimentación de *R. indica* y, consecuentemente, su desarrollo. De acuerdo con esto, en la presente investigación se observó que el desarrollo completo de *R. indica* fue alcanzado sólo en

los cultivares Manzano y Topocho, los cuales además de poseer menor grosor de cutícula + pared de la epidermis abaxial, también mostraron altas densidades estomáticas en la superficie abaxial de la hoja (Figura 3), lo cual pudo haber favorecido la alimentación.

Además de las variables anatómicas, la presencia y concentración de algunos metabolitos secundarios pudo haber afectado el desarrollo del ácaro. Así, se encontró que las plantas de los cultivares Manzano y Topocho resultaron negativas para la presencia de fenoles, mientras que en los cultivares Plátano y Guineo las concentraciones de este compuesto fueron de 200,61 y 396,91 mg/ml, respectivamente (Cuadro 5). Por otra parte, los valores obtenidos para alcaloides, flavonoides, aceites esenciales y

saponinas no parecen soportar la idea que estos participen de manera directa en la resistencia de los cultivares evaluados de *Musa* a *R. indica*. Afifi et al. (2010) observaron que el incremento del contenido total de fenoles, producto de la fertilización con CaSO_4 y K_2SO_4 , provocó la disminución poblacional de *Tetranychus urticae* Koch en cultivares resistentes de fresa. De manera similar, Khederi et al (2014) observaron incremento en los niveles de fenoles totales en cultivares de vid resistentes al ataque de *Colomerus vitis* Pagenstecher. De acuerdo con Müller (2008), algunos metabolitos secundarios son producidos y depositados sobre la cutícula cuando un herbívoro entra en contacto con la planta, provocando un efecto disuasivo de oviposición y/o alimentación. Por otra parte, la planta también puede activar la producción de proteínas de defensa tales como lectinas e inhibidores de la proteasa (Taiz y Zeiger 2010). Estos dos mecanismos conforman la resistencia inducida de la planta, lo que podría explicar por qué *R. indica* no fue capaz de desarrollarse sobre los cultivares de Plátano y Guineo.

La imposibilidad de *R. indica* de completar su ciclo de vida, aunada a la baja tasa de supervivencia y oviposición nula en los hojas de los cultivares Guineo y Plátano Hartón permiten sugerir la existencia de mecanismos de resistencia en estos cultivares al ataque de la plaga. En tal sentido, el grosor del estrato cutícula + pared de la epidermis abaxial, la densidad estomática y la concentración de metabolitos secundarios podrían estar relacionados con la resistencia de estos cultivares, encontrándose que plantas con menor grosor, mayor densidad de estomas, conjuntamente con bajas concentraciones de compuestos fenólicos, parecen servir como sustrato de alimentación del ácaro rojo de las palmeras, favoreciendo su supervivencia y reproducción.

Se requiere realizar estudios más detallados sobre otros cultivares de *Musa* usados comercialmente en el país de manera de explorar posibles fuentes

de resistencia al ataque de esta plaga. Además, se sugiere llevar a cabo estudios que evalúen el efecto individual de los fenoles sobre la biología del ácaro como posible mecanismo de control.

Referencias

- AFIFI AM, EL-LAITHY AYM, SHEHATA SA, EL-SAIEDY EMA. 2010. Resistance of strawberry plants against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). En: Sabelis MW, Bruin J, editores. Trends in Acarology. Proceedings of the 12th International Congress. pp. 505-507.
- BAILEY J, FURR R, HANNY B, MEREDITH W. 1978. Field populations of two-spotted spider mites on sixteen genotypes at Stoneville. *Journal of Economic Entomology* 71: 911-912.
- BEARD JJ, POOLEY C, OCHOA R, BAUCHAN GR, DOWLING APG, WELBOURN WC. 2012. External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoidae): *Raoiella* a case study. *Experimental and Applied Acarology* 57: 227-255.
- CARRILLO D, AMALIN D, HOSEIN F, RODA A, DUNCAN RE, PEÑA JE. 2012. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the new world. *Experimental and Applied Acarology* 57: 271-289.
- CARRILLO D, NÁVIA D, FERRAGUT F, PEÑA JE. 2011. First Report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. *Florida Entomologist* 94(2): 370-371.
- COCCO A, HOY M. 2009. Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. *Florida Entomologist* 92(2): 276-291.
- CROOKER A. 1985. Embryonic and Juvenile Development. En: Helle W, Sabelis MW, editors. Spider Mites: their biology, natural enemies and control. Vol. 1A. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands. pp. 149-163.
- CUELLAR A, MÁRQUEZ I, HERNÁNDEZ J, ALEMÁN A. 1999. Estudio fotoquímico de la especie *Hibiscus elatus* S.W. *Revista Cubana de Farmacia* 33(2): 127-131.
- DALIN P, ÅGREN J, BJÖRKMAN C, HUTTUNEN P, KÄRKKÄINEN K. 2008. Leaf trichome formation and plant resistance to herbivory. En: Schaller A, editor. Induced plant resistance to herbivory. Springer. Germany. pp. 89-105.

- DANIEL M. 1981. Bionomics of the predaceous mite *Amblyseius channabasavanni* (Acari: Phytoseiidae), predaceous on the palm mite. Proceedings of the first Indian Symposium in Acarology. pp. 167-173.
- DENT D. 2000. Insect Pest Management. Segunda Edición. Wallindorf: CABI. 432 p.
- EGURROLA Z. 2012. Características anatómicas y químicas en especies ornamentales de Arecaceae como barrera a la alimentación de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) [Trabajo de Grado]. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Agronomía. 50 p.
- ETIENNE J, FLECHTMANN CHW. 2006. First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadalupe and Saint Martin, West Indies. *International Journal of Acarology* 32: 331-332.
- FLECHTMANN CHW, ETIENNE J. 2004. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Systematic and Applied Acarology* 9: 109-110.
- FLECHTMANN CHW, ETIENNE J. 2005. Un nouvel acarien ravageur des palmiers: En Martinique, premier signalement de *Raoiella indica* pour les Caraïbes. *Phytoma* 548: 10-11.
- FLORES-GALANO G, MONTOYA A, RODRÍGUEZ H. 2010. Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. *Revista de Protección Vegetal* 25(1): 11-16
- GONZÁLEZ AI, RAMOS M. 2010. Desarrollo y reproducción de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en laboratorio. *Revista de Protección Vegetal* 25(1): 7-10
- HELLE W, OVERMEER W. 1985. Rearing techniques. . In: Helle W., Sabelis, M. (eds.) Spider mites: Their biology, natural enemies and control. Amsterdam, NE, Elsevier Science Publishers. pp. 331-335.
- KANE E, OCHOA R, MATHURIN G, ERBE E. 2005 *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): an island hopping mite pest in the Caribbean. [Internet], July 2010. Available in: <http://www.sel.barc.usda.gov/acari/PDF/TrinidadHandout.pdf>.
- KHEDERI SJ, DE LILLO E, KHANJANI M, GHOLAMI M. 2014. Resistance of grapevine to the erineum strain of *Colomerus vitis* (Acari: Eriophyidae) in western Iran and its correlation with plant features. *Experimental and Applied Acarology* 63(1): 15-35.
- MARCANO D, HASEGAWA M. 2002. Fitoquímica Orgánica. Caracas: UCV-CDCHT. 588 p.
- MARTÍNEZ G. 2009. Situación nacional de las musáceas: Breve análisis. *Producción Agropecuaria* 2(1): 31-44.
- MÜLLER C. 2008. Resistance at the plant cuticle. En: Shaller A, editor. Induced plant resistance to herbivory. Germany: Springer pp. 107-129.
- NAGESHA CHANDRA B, CHANNABASAVANNA G. 1984. Development and ecology of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconut. En: Griffiths DA, Bowman CE, editors. Acarology VI. Chichester (UK): Ellis Horwood Publishers. pp. 785-790.
- NÁVIA D, MARSARO JR A, SILVA F, GONDIM JR M, MORAES G. 2011. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. *Neotropical Entomology* 40(3): 409-411.
- OCHOA R, BEARD JJ, BAUCHAN GR, KANE EC, DOWLING APG, ERBE EF. 2011. Herbivore exploits chink in armor of host. *American Entomologist* 57(1): 26-29.
- PONTI DE O. 1985. Host plant resistance and its manipulation through plant breeding. En: Helle W, Sabelis MW, editors. Spider mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam (The Netherlands): Elsevier Science Publishers B. V. pp. 395-403.
- RAMOS M, RODRÍGUEZ H, GONZÁLEZ A, GONZÁLEZ M. 2011. Management strategy of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Cuba. *Zoosymposia* 6: 152-159.
- REINA-PINTO JJ, YEPHREMOV A. 2009. Surface lipids and plant defenses. *Plant Physiology and Biochemistry* 47: 540-549.
- RODRIGUES JCV, IRISH BM. 2012. Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Experimental and Applied Acarology* 57: 309-316
- RODRIGUES JCV, OCHOA R, KANE E. 2007. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. *International Journal of Acarology* 33(1): 3-5.
- TABASHNIK BE, WHEELOCK H, RAINBOLT JD, WATT WB. 1981. Individual variation in oviposition preference in the butterfly, *Colias eurytheme*. *Oecologia* 50(2): 225-230.

- TAIZ L, ZEIGER E. 2010. Plant Physiology. Quinta edición. Sunderland: Sinauer Associates Inc., Publishers. 782 p.
- THOMPSON JN. 1988. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 47: 3-14
- VALERA R. 2005. Transplante y crecimiento en vivero de las palmeras *Coccothrinax barbadensis*, *Roystonea oleracea* y *Sabal mauritiiiformis* bajo diferentes irradiancias [Tesis de Grado]. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Agronomía. 168 p.
- VÁSQUEZ C, DE MORAES GJ. 2013. Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela. *Experimental and Applied Acarology* 60(1): 73-82.
- VÁSQUEZ C, QUIRÓS M, APONTE O, SANDOVAL M. 2008a. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. *Neotropical Entomology* 37(6): 739-740.
- VÁSQUEZ C, APONTE O, MORALES J, SANABRIA M, GARCÍA G. 2008b. Biological studies of *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae) on grapevine cultivars. *Experimental and Applied Acarology* 45: 59-69.
- WILKINSON H. 1979. The plant surface (mainly leaf) En: Metcalfe CR, Chalk L, editores. Anatomy of dicotyledons. Oxford: Clarendon Press. pp. 97-165.
- WINK M. 1998. Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. *Theoretical and Applied Genetics* 75(2): 225-233.
- ZAHER M. 1969. Biological studies on *Raoiella indica* Hirst and *Phyllozetanymus aegyptiacus* Sayed infesting date palm trees in the U.A.R (Acarina: Tenuipalpidae). *Zeitschrift fur Angewandts* 63(3): 406-411.

Recibido: 22-08-2014.
Aceptado: 22-04-2015.