

Gall (*Trioza rusellae* Tuthill) insect identification in *Brosimum alicastrum* Swartz leaves in Yucatán, Mexico

Identificación del insecto agallador (*Trioza rusellae* Tuthill) en hojas de *Brosimum alicastrum* Swartz en Yucatán, México

Ada Ascencio-Álvarez¹; Rodolfo Martín-Mex¹; Jorge I. Tucuch-Haas²;
Jorge Valdez-Carrasco³; Emy G. Huchin-Poot¹; Silvia B. Andrade-Canto¹;
A. Josué Gámez-Vázquez⁴; Alfonso Larqué-Saavedra¹.

¹Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43, núm. 130, col. Chuburná de Hidalgo. C. P. 97200. Mérida, Yucatán, MÉXICO. Correo-e: adascencio@hotmail.com Tel.: 045 9991253697

(*Autora para correspondencia).

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mochochá. km 25 antigua carretera Mérida-Motul. C. P. 97454. Mochochá, Mérida, Yucatán, MÉXICO.

³Colegio de Postgraduados. km 36.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. MÉXICO.

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío. km 6.5 carretera Celaya-San Miguel Allende. C. P. 38110. Celaya, Guanajuato, MÉXICO.

Abstract

The insect *Trioza rusellae* Tuthill (Hemiptera-Trioziidae) produces galls on the leaves of the Ramon (*Brosimum alicastrum* Swartz) tree, species with high nutritional value of the Peninsula of Yucatan. The insect was isolated and identified from collections in the municipalities of Muna and Sacalum, Yucatán. Five to 10 years old trees were sampled selecting branches with leaves showing galls. The samples were placed in plastic bags and taken to the laboratory, and placed in entomological cages. Adult insects were collected using a manual vacuum, while galls were dissected to collect the nymphs directly with a brush (0001). The samples were preserved in alcohol (70 %) and in fixative formalin-alcohol-water (FAW). Nymphs and adult insects from the alcohol samples were mounted and observed on a stereoscopic microscope. The samples in FAW were processed and observed under a scanning electron microscope (SEM). As a result, photographs were obtained and development phases of *T. rusellae* were identified by entomological keys.

Keywords: Ramon tree, galls, pest, characterization, scanning electron microscope.

Resumen

El insecto *Trioza rusellae* Tuthill (Hemiptera-Trioziidae) produce agallas en las hojas del árbol de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz), especie con alto valor nutricional de la península de Yucatán. El insecto fue aislado e identificado a partir de colectas en los municipios de Muna y Sacalum, Yucatán. Los árboles de cinco a 10 años de edad se muestrearon seleccionando ramas con hojas que presentaban agallas. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico y se trasladaron al laboratorio confinándolas en jaulas entomológicas. Los adultos se recolectaron con un aspirador manual, mientras que las agallas se disectaron para coleccionar las ninfas directamente con un pincel (0001). Las muestras se conservaron en alcohol (70 %) y en fijador formol-alcohol-agua (FAA). Las ninfas y adultos de las muestras en alcohol se montaron y observaron en el microscopio estereoscópico. Las muestras en FAA se procesaron y observaron en el microscopio electrónico de barrido (MEB). Como resultado, se obtuvieron fotografías y se identificaron las fases de desarrollo de *T. rusellae* mediante claves entomológicas.

Palabras clave: Ramón, agallas, plaga, caracterización, microscopio electrónico de barrido.

Introduction

Brosimum alicastrum Swartz (Ramón) is a tree that is distributed from Mexico through Central America and the Antilles, to Ecuador and Venezuela in Latin America (Parker, 2008). In Mexico, *B. alicastrum* is on the side of the gulf, from the south of Tamaulipas to Quintana Roo, along the Sierra Madre Oriental and the Sierra de Chiapas up to an altitude of 600 m, and in the Gulf Coastal Plain to the Peninsula of Yucatan. On the Pacific side, the species is distributed from the center of Sinaloa to Chiapas, both in the coastal plains and mountainsides and ravines of the Sierra Madre Occidental from 400 to 800 m above sea level (Pennington & Sarukhan, 2005).

The Academy of Sciences of the United States believes that *B. alicastrum* is one of the 36 species with greater possibilities of improving the lives of the inhabitants of the tropics (Moreno, 1995). In ancient times, the Mayan population of Guatemala and Mexico used the *B. alicastrum* seed as part of their diet. Today, the species is used to provide shade for coffee crops and is appreciated for its high nutritional value as forage (Herrera, 1996). *B. alicastrum* tree is one of the few tropical species which all parts can be used; its wood is used as firewood, fence posts, poles, tool handles and housing construction in rural areas. Forage is used as cattle feed, especially in the dry season. Latex is used as a substitute for milk and it is also used in traditional medicine for asthma, diabetes, tuberculosis and bronchitis treatments. Fruits are used in the production of jams and as livestock feed. Roasted seeds are eaten as chestnuts and boiled as substitute for potatoes (Niembro, Vázquez, & Sánchez, 2010). In one hectare with 400 trees (five years old) up to 15 t of leaves·ha⁻¹ are produced in every cutting, which are acceptable for consumption by goats, sheep and cattle (Larbi, Awojide, Adekunle, Ladipo, & Akinlade, 2000; Sharma, Singh, & Bhat, 2000), because they represent a source with high protein content and adequate digestibility; in addition to improving milk and meat production in ruminants (Geilfus, 1994). However, *B. alicastrum* tree has several problems; among them, the attack of pests such as the psyllid *Trioza rusellae* Tuthill is the most important, which produces 400-600 galls per leaf, affecting photosynthesis (Piotto, 2007). Galls are abnormal tissue structures that are developed due to a specific reaction to the activity of an inductor body (Allison & Shultz, 2005; Foss & Rieske, 2004; Price, 2005).

Cuevas-Reyes, Quesada, Hanson, Dirzo and Oyama (2004a) identified gall-inducing plants and insects (GIS) species in trees from the Biosphere Reserve of Chamela-Cuixmala in Jalisco, Mexico, and mention the presence of *T. rusellae* and *B. alicastrum* as specific GIS. Cuevas-Reyes, Quesada and Oyama (2006) quantified the damage of gall insects in forest trees, finding that *T. rusellae* appears on *B. alicastrum* in a higher percentage in the dry season (15 %) compared to the wet season (9 %).

Introducción

Brosimum alicastrum Swartz (Ramón) es un árbol que se distribuye desde México, a través de América Central y las Antillas, hasta Ecuador y Venezuela en América Latina (Parker, 2008). En México, *B. alicastrum* se encuentra en la vertiente del golfo, desde el sur de Tamaulipas hasta Quintana Roo, a lo largo de la Sierra Madre Oriental y la Sierra de Chiapas a una altitud de 600 m, y en la planicie costera del golfo hasta la península de Yucatán. En la vertiente del Pacífico, la especie se distribuye desde el centro de Sinaloa hasta Chiapas, tanto en la planicie costera como en las laderas y barrancas de la Sierra Madre Occidental de los 400 a los 800 m de altitud (Pennington & Sarukhan, 2005).

La Academia de Ciencias de Estados Unidos considera que *B. alicastrum* es una de las 36 especies con mayor posibilidad de mejorar la vida de los habitantes de las zonas tropicales (Moreno, 1995). En la antigüedad, los indígenas mayas de Guatemala y México empleaban la semilla de *B. alicastrum* como parte de su dieta alimentaria. Actualmente, la especie se utiliza para proveer sombra al cultivo de café y se aprecia por su alto valor nutritivo como forraje (Herrera, 1996). El árbol de *B. alicastrum* es una de las pocas especies tropicales de las que se pueden utilizar todas sus partes; su madera se emplea en el medio rural para leña, postes para cercas, estacas, mangos de herramientas y construcción de viviendas. El follaje se utiliza como alimento para ganado, especialmente en la época de sequía. El látex se emplea como sustituto de leche y también se utiliza en medicina tradicional en el tratamiento de asma, diabetes, tuberculosis y bronquitis. Los frutos son empleados en la producción de mermeladas y como alimento para ganado. Las semillas asadas son ingeridas como castañas, y hervidas como sustituto de la papa (Niembro, Vázquez, & Sánchez, 2010). En una hectárea con 400 árboles con edad de cinco años se producen hasta 15 t de hojas·ha⁻¹ en cada corte, las cuales son aceptables para consumo por caprinos, ovinos y bovinos (Larbi, Awojide, Adekunle, Ladipo, & Akinlade, 2000; Sharma, Singh, & Bhat, 2000), ya que representan una fuente con contenido alto de proteínas y con digestibilidad adecuada; además de mejorar la producción de leche y carne en rumiantes (Geilfus, 1994). No obstante, el árbol de *B. alicastrum* presenta diversos problemas; entre ellos, el más importante es el ataque de plagas como el del psílido *Trioza rusellae* Tuthill, que llega a producir 400 a 600 agallas por hoja, afectando la fotosíntesis (Piotto, 2007). Las agallas son estructuras anormales de tejidos que se desarrollan por una reacción específica a la actividad de un organismo inductor (Allison & Shultz, 2005; Foss & Rieske, 2004; Price, 2005).

Cuevas-Reyes, Quesada, Hanson, Dirzo y Oyama (2004a) identificaron especies de plantas e insectos inductores

Different aspects of the Ramon tree have been studied in the state of Yucatan; e.g. productivity for animal consumption (forage), physiological development (Hernández, Vergara, & Larqué, 2014a, 2014b) and the response of roots to salicylic acid (Rosado & Larqué, 2014), but there is no information in the phytosanitary issue. Therefore, in this study we identified and characterized the pest (nymphs and adults) that is causing galls on the leaves of *B. alicastrum* in the state of Yucatán.

Materials and methods

Location of *B. alicastrum*

The study was performed using *B. alicastrum* trees located in the municipalities of Muna and Sacalum, Yucatán. Muna is located 20° 25' N and 89° 46' W. Muna has flat topography; rocky or cemented soils; presence of undercurrents (cenotes); warm humid climate (Aw_0) with summer rains; annual average temperature of 25 °C, maximum temperature in May (42 °C) and minimum temperature in December (15 °C); annual average rainfall of 946 mm and prevailing winds from the southeast and northwest (Ayala, Krishnamurthy, & Basulto, 2008). Sacalum is located 20° 33' N and 89° 34' W and is characterized by its flat surface; rocky or cemented soil; undercurrents, warm humid climate with summer rains; annual average temperature of 26.5 °C, minimum temperature in January and February (24 °C) and maximum temperature in April and May (31 °C); annual average rainfall of 1,009 mm and prevailing winds from the northeast and southwest.

Sampling of *B. alicastrum*

In March 2012 and February 2013, 20 *B. alicastrum* trees with a height of 5 m were selected. The trees were divided into three layers: lower (1-2 m), medium (2-4 m) and upper (4-5 m) layer. The samples were performed using the medium layer selecting branches of 50 cm in length, which had leaves with galls. The samples were placed in plastic bags marked with date, name of collector and place of origin. The bags were placed in a styrofoam cooler and taken to the laboratory GeMBio (Molecular studies applied to Biology) of the Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.

Sample processing

B. alicastrum branches were placed in entomological wooden cages with organza fabric (1 m x 1 m base x 1.5 m high) to 25 ± 3 °C for 10 days, according to the statements of Tucuch-Haas et al. (2010). Adult insects were collected with a manual vacuum, while galls were dissected to collect the nymphs directly with a brush (0001). All insects were preserved in alcohol (70 %);

de agallas (IIA) en árboles de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala en Jalisco, México, y mencionan la presencia de *T. rusellae* en *B. alicastrum* como IIA específico. Cuevas-Reyes, Quesada y Oyama (2006) cuantificaron el daño de insectos agalladores en árboles forestales, encontrando que *T. rusellae* se presenta en *B. alicastrum* en un porcentaje más elevado en la estación seca (15 %) en comparación con la estación húmeda (9 %). Se han estudiado diferentes aspectos del árbol de ramón en el estado de Yucatán; por ejemplo, la productividad para consumo animal (follaje), desarrollo fisiológico (Hernández, Vergara, & Larqué, 2014a, 2014b) y la respuesta de las raíces al ácido salicílico (Rosado & Larqué, 2014), pero no se tiene información en el tema fitosanitario. Por lo anterior, en el presente estudio se identificó y caracterizó la plaga (ninfas y adultos) que está ocasionando agallas en las hojas de *B. alicastrum* en el estado de Yucatán.

Materiales y métodos

Localización de *B. alicastrum*

El estudio se hizo en árboles de *B. alicastrum* localizados en los municipios de Muna y Sacalum, Yucatán. El municipio de Muna se ubica en las coordenadas 20° 25' N y 89° 46' O. Muna presenta orografía plana; suelos rocosos o cementados; presencia de corrientes subterráneas; clima cálido subhúmedo (Aw_0) con lluvias en verano; temperatura media anual de 25 °C, máxima en mayo (42 °C) y mínima en diciembre (15 °C); precipitación pluvial media anual de 946 mm y vientos predominantes del sureste y noroeste (Ayala, Krishnamurthy, & Basulto, 2008). El municipio de Sacalum se encuentra a 20° 33' N y 89° 34' W y se caracteriza por tener superficie plana; suelo rocoso o cementado; corrientes subterráneas (cenotes); clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual de 26.5 °C, mínima en enero y febrero (24 °C) y máxima en abril y mayo (31 °C); precipitación media anual de 1,009 mm y vientos predominantes del noreste y suroeste.

Muestreo de *B. alicastrum*

En marzo del 2012 y febrero del 2013 se seleccionaron 20 árboles de *B. alicastrum* con altura de 5 m. Los árboles se dividieron en tres estratos: inferior (1 a 2 m), medio (2 a 4 m) y superior (4 a 5 m). Los muestreos se realizaron en el estrato medio seleccionando ramas de 50 cm de longitud, las cuales tenían hojas con agallas. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico identificadas con fecha, nombre del colector y lugar de procedencia. Las bolsas se depositaron en una hielera de unicele y se trasladaron al laboratorio GeMBio (Grupo de Estudios Moleculares aplicados a la Biología) del Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C.

permanent mounts were made using hair gel and were observed under a stereomicroscope. Adult insects were identified and the nymphal stages of the insect were differentiated with the help of specialized entomological keys (Brown & Hodkinson, 1998; Tuthill, 1944).

Nymphs and adults were observed under a scanning electron microscope (SEM). For this purpose, the samples were fixed in a solution of formalin-alcohol-water (FAW) using the technique of Valdez (1991). A total of 20 insects per phenological stage were selected using a stereoscopic microscope, a thin knife and a brush. The samples were dehydrated using different percentages of alcohol (50, 70 and 90 %) into 1-hr periods, ending at 100 % alcohol. The sample was adhered to an aluminum base and was dried at critical point with CO₂, using ethanol (100 %). The samples were initially heated at temperatures of 15 to 20 °C and then at 37 ± 1 °C. The sample was covered with gold and palladium to observe them under the SEM (Nieto, 2010).

Results and discussion

T. rusellae galls in B. alicastrum leaves

Figure 1 shows some aspects of galls on *B. alicastrum* leaves. Galls had elongated shape (Figure 1a) and were classified in sizes: tiny (no insect), small, medium and large (0.2, 0.5 and 0.7 mm, respectively), no relationship was observed between the gall and the insect. It would presume that as the nymph feeds, the gall increases in size; however, this relationship was not observed with *T. rusellae* nymphs (Figure 1b). This contrasts with that reported by Mani (1992), who indicated that the size of the gall is an indicator of a nymph feeding conditions that produced it. With the SEM, we note that there is formation of trichomes on the opening of the base of the gall (Figure 1c). The increased size and number of cells is a response of the plant to insect feeding; nymphs feed on mesophyll tissue (Cuevas-Reyes et al., 2004b) (Figure 1d).

T. rusellae nymphs

Figure 2 shows some of the most important features of the *T. rusellae* nymphs. The insect has five nymphal stages (Figure 2a), moulting four times like *Diaphorina citri* Kuwayama, *T. erythrae* Del Guercio, *T. aguacate* Hollis and *T. diospyri* Ashmead. The difference between *T. rusellae* and the aforementioned species is that *T. rusellae* lives and feeds inside the gall, being attached until it becomes an adult insect; the other species actively feed on the surface of leaves, petioles, axillary buds and young stems. All these psyllids have flake shape and are surrounded by waxy filaments in the early stages (Fonseca, Valera, & Vázquez, 2007; Timmer, 2002). Moreover, *T. diospyri* nymphs have white powder

Procesamiento de muestras

Las ramas de *B. alicastrum* se colocaron en jaulas entomológicas de madera con tela de organza (1 m x 1 m de base x 1.5 m de altura) a 25 ± 3 °C durante 10 días, acorde con los señalamientos de Tucuch-Haas et al. (2010). Los adultos se recolectaron con un aspirador manual, mientras que las agallas se disectaron para coleccionar las ninfas directamente con un pincel (0001). Todos los insectos se conservaron en alcohol (70 %), se hicieron montajes permanentes en gel fijador y se observaron en el microscopio estereoscópico. Los adultos se identificaron y los estadios ninfales del insecto se diferenciaron con la ayuda de claves entomológicas especializadas (Brown & Hodkinson, 1998; Tuthill, 1944).

Las ninfas y adultos se observaron en un microscopio electrónico de barrido (MEB). Para ello, los ejemplares se fijaron en una solución de formol-alcohol-agua (FAA), utilizando la técnica de Valdez (1991). Se seleccionaron 20 insectos por estado fenológico con ayuda de un microscopio estereoscópico, navaja fina y un pincel. Los ejemplares se deshidrataron con diferentes porcentajes de alcohol (50, 70 y 90 %) por periodos de 1 h, finalizando en 100 % de alcohol. La muestra se adhirió a una base de aluminio y se secó a punto crítico con CO₂, con ayuda de etanol (100 %). Las muestras se calentaron inicialmente a temperaturas de 15 a 20 °C y posteriormente a 37 ± 1 °C. La muestra se cubrió con oro y paladio para observarlas en el MEB (Nieto, 2010).

Resultados y discusión

Agallas de T. rusellae en hojas de B. alicastrum

La Figura 1 muestra algunos aspectos de las agallas presentes en hojas de *B. alicastrum*. Las agallas presentaron forma alargada (Figura 1a) y aunque se clasificaron en tamaños como diminutas (sin insecto), pequeñas, medianas y grandes (0.2, 0.5 y 0.7 mm, respectivamente), no se observó relación directa del tamaño de la agalla con el del insecto. Se presupondría que a medida que la ninfa se alimenta, la agalla incrementa su tamaño; sin embargo, esta asociación no ocurrió con las ninfas de *T. rusellae* (Figura 1b). Lo anterior contrasta con lo reportado por Mani (1992), quien indica que el tamaño de la agalla es un indicador de las condiciones de alimentación de la ninfa que la produjo. A través del MEB se observó que existe la formación de tricomas en la apertura de la base de la agalla (Figura 1c). El incremento de tamaño y número de células es una respuesta de la planta a la alimentación del insecto; las ninfas se alimentan de tejido mesófilo (Cuevas-Reyes et al., 2004b) (Figura 1d).

and some filaments on its body (Mead, 2006) and *T. aguacate* has wing sectors, features that *T. rusellae* do not show (Burckhardt & Queiroz, 2012). *T. rusellae* nymphs are pale yellow with red eyes (Figure 2b) and the immature stages are located inside the galls individually (Figure 2c), as reported by Nieves (1993), who concludes that galls are simple structures caused by usually solitary insects. At the immature stages, insects with whitish waxy secretion on the back of their bodies were found. With the SEM, we observed that this secretion is a set of thin threads which on average can be up to 291 nm (Figure 2d). Burckhardt, Alen , Ouvrard, Tamesse, and Messi (2006) indicate that at the species level, psyllids have a very narrow range of host plants, particularly during the nymphal stages.

Ninfas de *T. rusellae*

La Figura 2 muestra algunas de las características más importantes de las ninfas de *T. rusellae*. El insecto presenta cinco estadios ninfales (Figura 2a), mudando cuatro veces al igual que *Diaphorina citri* Kuwayama, *T. erytrae* Del Guercio, *T. aguacate* Hollis y *T. diospyri* Ashmead. La diferencia *T. rusellae* y las especies antes mencionadas es que *T. rusellae* vive y se alimenta dentro de la agalla, encontrándose adherida hasta que el adulto emerge; las demás especies se alimentan activamente sobre la superficie de hojas, peciolos, yemas axilares y tallos jóvenes. Todos estos psílidos tienen forma de escama y están rodeados de filamentos cerosos en los primeros estadios (Fonseca, Valera, & Vázquez, 2007; Timmer, 2002).

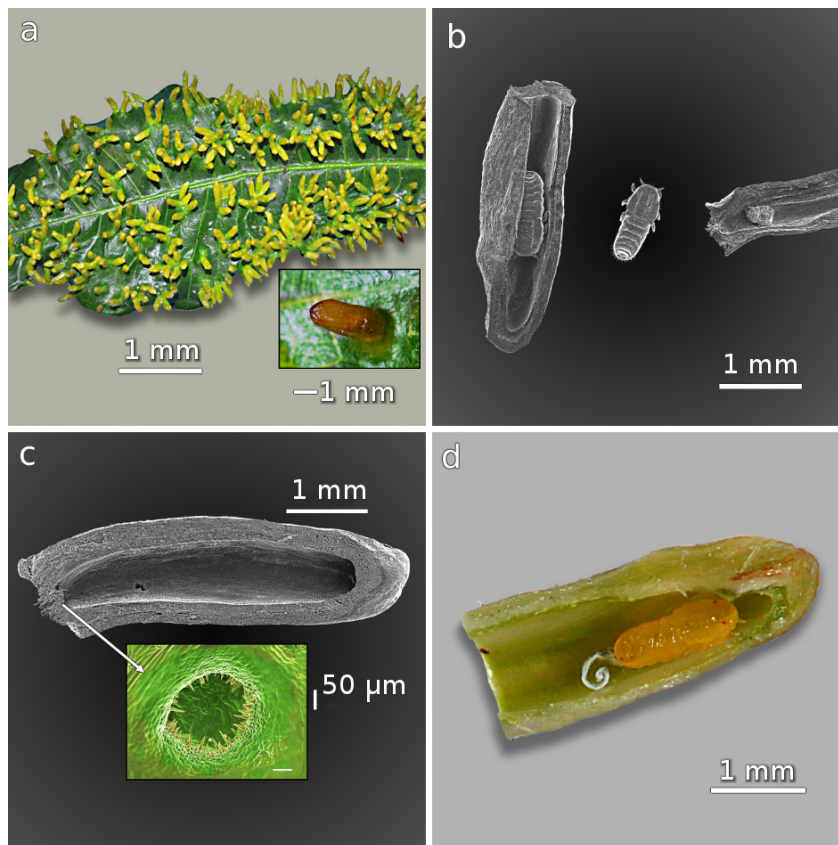


Figure 1. *Trioza rusellae* galls on *Brosimum alicastrum* leaves: a) Ramon leaf appearance with galls, b) Galls seen under the scanning electron microscope with different stage nymphs, c) Longitudinal section with approach to the base of the gall showing the formation of trichomes d) Longitudinal section showing a nymph with a waxy secretion thread on the back of its body.

Figura 1. Agallas de *Trioza rusellae* en las hojas de *Brosimum alicastrum*: a) Apariencia de hoja de ramón con agallas, b) Agallas vistas en el microscopio electrónico de barrido con ninfas de diferente estadio, c) Corte longitudinal con acercamiento a la base de la agalla mostrando la formación de tricomas y d) Corte longitudinal mostrando una ninfa con secreción de un hilo ceroso en la parte posterior de su cuerpo.

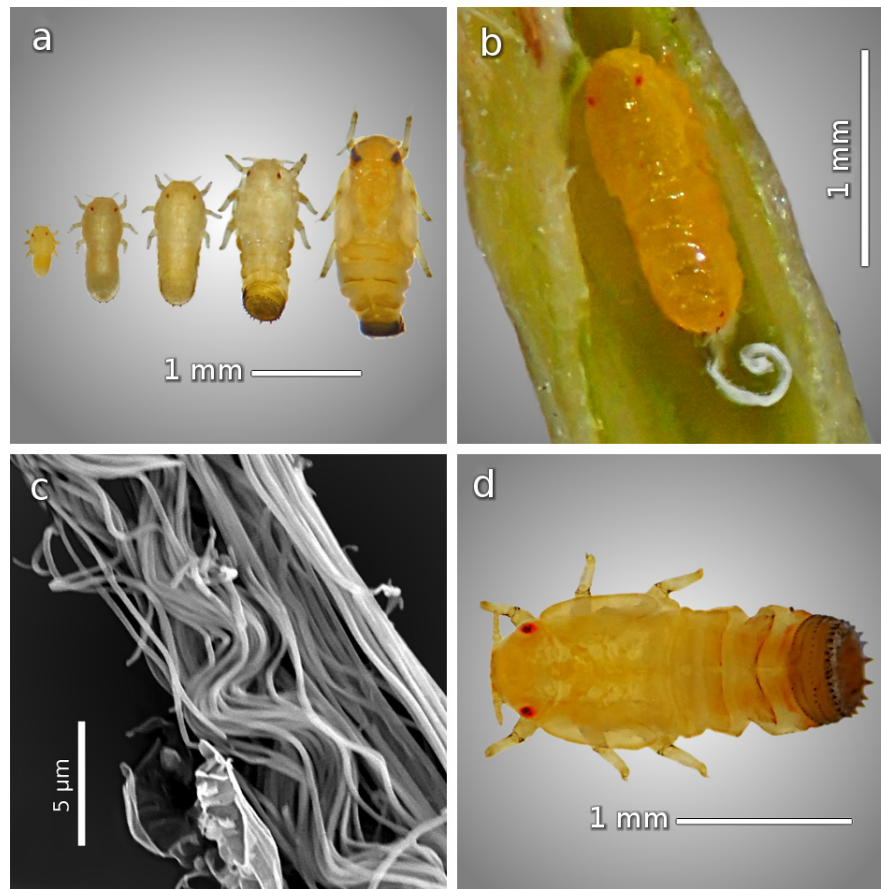


Figure 2. External appearance of *Trioza rusellae*: a) nymphal stages, b) third stage nymph inside the gall with waxy secretion in the back of the body, c) appearance of the waxy secretion view under the scanning electron microscope, d) fifth stage nymph where adult insects will appear.

Figura 2. Apariencia externa de *Trioza rusellae*: a) estadios ninfales, b) ninfa de tercer estadio dentro de la agalla con secreción cerosa en la parte posterior del cuerpo, c) aspecto de las secreción cerosa vista en el microscopio electrónico de barrido, d) ninfa de quinto estadio de la cual preceden los adultos.

First stage. Flattened oval body, fused head and thorax, defined eyes, legs developed with few visible segments, abdomen defined with unobvious segments, light yellow body with a length of 0.455 mm and 0.223 mm width.

Second stage. At this stage, the division among head, chest and abdomen is clearly observed. The antennae are visible even antennal segments are not differentiated; red eyes, developed and differentiated legs, creamy yellow defined abdomen. The nymph grows to 0.944 mm long and 0.365 mm wide.

Third stage. Similar to the second stage, but has well-defined wings, slightly marked abdominal segments, presence of anal pores and greenish yellow anal orifice. The nymph can measure 1.125 mm long and 0.455 mm wide.

Por otra parte, las ninfas de *T. diospyri* presentan polvo blanco y ciertas filamentos en su cuerpo (Mead, 2006) y *T. aguacate* tiene sectotecas truncadas, características que las ninfas de *T. rusellae* no muestran (Burckhardt & Queiroz, 2012). Las ninfas de *T. rusellae* son de color amarillo pálido con ojos rojos (Figura 2b) y los estados inmaduros se ubican dentro de las agallas en forma individual (Figura 2c), tal como lo reporta Nieves (1993), quien concluye que las agallas son estructuras simples provocadas por individuos generalmente solitarios. En los estados inmaduros se encontraron insectos que presentaban secreción cerosa blanquecina en la parte posterior de su cuerpo. En el MEB se observó que dicha secreción es un conjunto de hilos finos que en promedio pueden medir hasta 291 nm (Figura 2d). Burckhardt, Alené, Ouvrard, Tamesse, y Messi (2006) indican que a nivel de especie, los psílidos tienen

Fourth stage. The antennas get thinner closer to the middle part and thereafter they become narrower, eyes with very noticeable ommatidia, thorax with segmented legs. The constriction that separates the chest from the abdomen is seen more clearly. At this stage, the nymph can measure 1.474 mm long and 0.591 mm wide.

Fifth stage. Unlike the fourth nymphal stage, the antennae are thickened at the base, reducing progressively towards the apex, cherry eyes and developed wings. The nymph can measure 1.995 mm long and 0.828 mm wide.

T. rusellae adult insects

Figure 3 shows the external appearance of adult insects of *T. rusellae*. These insects have curved front wing, with vein Rs bifurcated with curved veins reaching the middle portion of the costal edge. The vein R + M has soft trifurcation in the middle portion and extends in veins that look like forked long setae; two reach the costal edge and one to the rear edge of the wing (Figure 3a). Legs with coxa (0.4 mm), trochanter (0.1 mm), femur (0.4 mm), tibia (0.8 mm), tarsus (0.1 mm) and pulvillus (Figure 3b). The last abdominal segment or the anal-genital area of the insect has conical shape and is narrow, ending with a V-shaped point (Figure 3c, 3d).

una gama de plantas hospederas muy estrecha, en particular, durante las etapas ninfales.

Primer estadio. Cuerpo aplanado de forma oval, cabeza y tórax fusionados, ojos definidos, patas desarrolladas con segmentos pocos visibles, el abdomen definido con segmentos poco evidentes, cuerpo de color amarillo claro con longitud de 0.455 mm y anchura de 0.223 mm.

Segundo estadio. En este estadio se observa claramente la división entre la cabeza, tórax y abdomen. Las antenas son visibles, aunque los segmentos antenales no se diferencian; ojos rojizos, patas desarrolladas y diferenciadas, abdomen definido y de color amarillo cremoso. La ninfa llega a medir 0.944 mm de longitud y 0.365 mm de ancho.

Tercer estadio. Similar al segundo estadio, pero presenta paquetes alares bien definidos, segmentos abdominales ligeramente marcados, presencia de poros anales y el orificio anal amarillo verdoso. La ninfa puede medir 1.125 mm de longitud y 0.455 mm de ancho.

Cuarto estadio. Las antenas se estrechan hacia su parte media y de ahí en adelante se torna más angosta, ojos con ommatidias muy notorias, tórax con patas segmentadas. La constricción que separa al tórax del

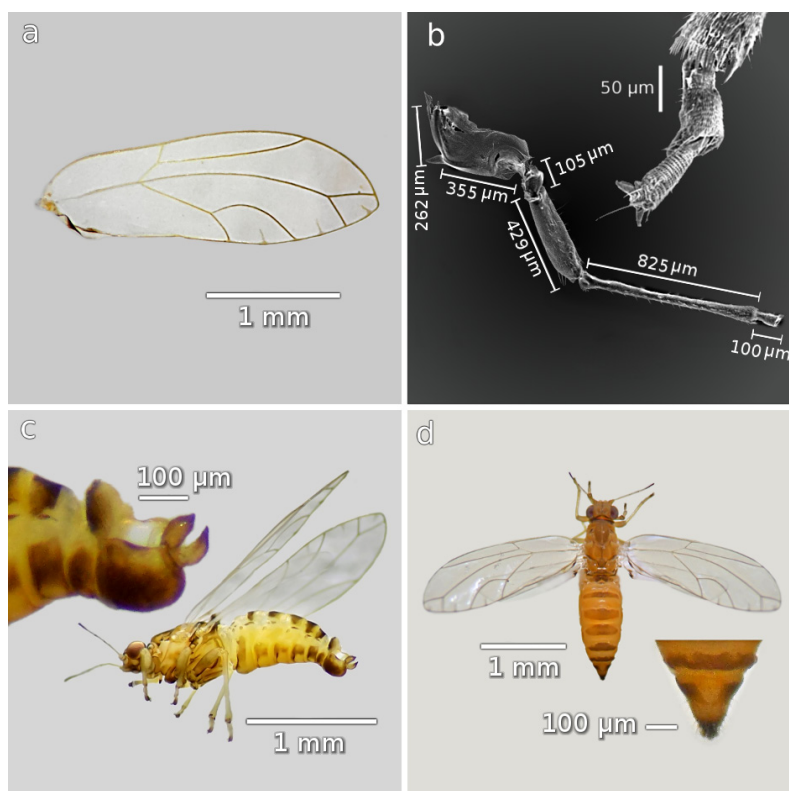


Figura 3. External appearance of *Trioza rusellae* adult insects: a) front wing with characteristic venation, b) hind leg, c) male reproductive system, d) female reproductive system.

Figura 3. Apariencia externa de los adultos de *Trioza rusellae*: a) Ala delantera con venación característica, b) pata trasera, c) aparato reproductor masculino, d) aparato reproductor femenino.



Figure 4. *Trioza rusellae* psyllid male (a) and female (b).
Figura 4. Macho (a) y hembra (b) del psílido *Trioza ruselleae*.

Adult insects have similar characteristics to the family of psyllids: back-ventral shape with compressed body; color variations ranging from yellow, olive green to dark gray; male insects are smaller than female insects and have blunt-ended point on the abdomen (Figure 4a), while the abdomen of the female insects ends in a sharp point (Figure 4b). Adult insects preserve certain differences compared to *D. citri* (they are not brown and have no distinctive patterns spots) and *T. diospyri* (their body has not a shiny black color, excluding the middle and back tibia) insects. In the case of *T. erytraea* and *T. aguacate* no significant differences were observed in adult insects, except in their nymphal stages and gregarious habits, so the above characteristics match those of the *T. rusellae* insect according to the keys of Brown and Hodkinson (1998) and Tuthill (1974). Cuevas-Reyes et al. (2004a) reported the existence of this insect on Ramon trees. Dreger and Sorthouse (1992) and Cuevas-Reyes, Siebe, Martínez-Ramos, and Oyama (2003) said that each gall species has a specific association with a host plant.

Conclusions

The insect producing galls on the leaves of the Ramon (*Brosimum alicastrum* Swartz) tree is *Trioza rusellae* Tuthill. These forage injuries limit photosynthesis and growth of the tree, affecting its yield; therefore, identifying this insect will help to plan research in this respect and specific control in the peninsula of Yucatán.

abdomen se observa más clara. En este estadio, la ninfa puede medir 1.474 mm de longitud y 0.591 mm de ancho.

Quinto estadio. A diferencia del cuarto estadio ninfal, las antenas están engrosadas en la base, reduciéndose progresivamente hacia el ápice, ojos color guinda y paquetes alares desarrollados. La ninfa puede medir 1.995 de longitud y 0.828 mm de ancho.

Adultos de *T. rusellae*

La Figura 3 muestra la apariencia externa de los adultos de *T. rusellae*. Éstos presentan ala delantera con margen costal curvado, con vena Rs bifurcada con venas curvas que llegan a la porción media del margen costal. La vena R + M presenta trifurcación tenue en la porción media y se prolonga en venas que parecen setas largas bifurcadas; dos llegan al margen costal y una al margen posterior del ala (Figura 3a). Patas con coxa (0.4 mm), trocante (0.1 mm), fémur (0.4 mm), tibia (0.8 mm), tarso (0.1 mm) y pulvillus (Figura 3b). El último segmento abdominal o terminalia es de forma cónica y estrecha, con terminación en punta en forma de V (Figura 3c, 3d).

Los adultos presentan características similares a la familia de los psílidos: cuerpo comprimido en forma dorso-ventral; variaciones de color que van del amarillo, verde olivo a gris oscuro; los machos son más

Acknowledgements

The authors thank and acknowledge for the financial support from CONACYT (grant no. 37517) and thank the Centro de Investigación Científica de Yucatan for providing the equipment and infrastructure during the performance of this work. Finally, independently, the main author thanks the Programa de CATEDRAS CONACYT for assisting in the completion of this work.

End of English version

References / Referencias

- Allison, S. A. & Schultz, J. C. (2005). Biochemical responses of chestnut oak to chestnut oak to a galling cynipid. *Journal of Chemical Ecology*, 31, 151–166. doi: 10.1007/s10886-005-0981-5
- Ayala, S. A., Krihnamurthy, L., & Basulto, G. J. A. (2008). Leguminosas de cobertera para mejorar y sostener la productividad de maíz en el sur de Yucatán. *Terra Latinoamericana*, 27(1), 63–69. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57315593008>
- Brown, R. G. & Hodkinson, I. D. (1998). *Taxonomy and ecology of the jumping plant-lice of Panama (Homoptera-Psyloidea)*. New York, USA: E. J. Brill/Scandinavian Science Press.
- Burckhardt, D. Alené, D. C., Ouvrard, D., Tamesse, J. L., & Messi, J. (2006). Afrotropical member of jumping plant-lice genus *Diclidophlebia* (Hemiptera:Psylloidea). *Invertebrate Systematics*, 20, 367–393. doi: /10.1071/IS05039
- Burckhardt, D., & Queiroz, D. L. (2012). Checklist and comments on the jumping plant-lice (Hemiptera: Psylloidea) from Brazil. *Zootaxa*, 3571, 26–48. Obtenido de <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/psylloidea/docs/Brasilian%20psyllid%20check%20list.pdf>
- Cuevas-Reyes, P., Siebe, C., Martínez-Ramos, M., & Oyama, K. (2003). Species richness of gall-forming insects in a tropical rain forest: Correlations with plant diversity and soil fertility. *Biodiversity and Conservation*, 3, 411–422. doi: 10.1023/A:1022415907109
- Cuevas-Reyes, R. P., Quesada, M., Hanson, P., Dirzo, R., & Oyama, K. (2004a). Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry forest: The importance of plant species richness, life-forms, host plant age and plant density. *Journal of Ecology*, 92, 707–716. doi: 10.1111/j.0022-0477.2004.00896.x
- Cuevas-Reyes, P., Quesada, M., Siebe, C., & Oyama, K. (2004b). Spatial patterns of herbivory by gall-forming insects: A test of the soil fertility hypothesis in a Mexican tropical dry forest. *Oikos*, 107, 181–189. doi: 10.1111/j.0030-1299.2004.13263.x
- Cuevas-Reyes, P., Quesada, M., & Oyama, K. (2006). Abundance and leaf damage caused by gall-inducing insects in a pequeños que las hembras y tienen una punta roma en el abdomen (Figura 4a), mientras que el abdomen de las hembras termina en una punta aguda (Figura 4b). Los adultos conservan ciertas diferencias con *D. citri* (no son de color marrón con patrones de manchas distintivos) y *T. diospyri* (su cuerpo no es de color negro brillante, exceptuando las tibias media y trasera). En el caso de *T. erytrae* y *T. aguacate* no hay diferencias notables en los adultos, salvo en sus estados ninfales y sus hábitos gregarios, por lo cual las características antes mencionadas coinciden con las del insecto *T. rusellae*, según las claves de Brown y Hodkinson (1998) y Tuthill (1974). Cuevas-Reyes et al. (2004a) reportaron la existencia de este insecto en árboles de ramón. Dreger y Sorthouse (1992), y Cuevas-Reyes, Siebe, Martínez-Ramos, y Oyama (2003) señalan que cada especie agalladora presenta una asociación específica con una planta huésped.
- ## Conclusiones
- El insecto que produce agallas en las hojas del árbol de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) es *Trioza rusellae* Tuthill. Estas lesiones en el follaje limitan la fotosíntesis y crecimiento del árbol, llegando a afectar su rendimiento; por tanto, la identificación del insecto ayudará a planear trabajos de investigación en este tenor y de control específico en la península de Yucatán.
- ## Agradecimientos
- Los autores agradecen y reconocen el apoyo económico de CONACYT (beca núm. 37517) y al Centro de Investigación Científica de Yucatán por las facilidades de uso del equipo e infraestructura durante la realización del presente trabajo. Finalmente, y en forma particular, el autor principal agradece al Programa de CATEDRAS CONACYT por ayudar en la culminación de este trabajo.
- ### Fin de versión en español
- Mexican tropical dry forest. *Biotropica*, 38, 107–115. doi: 10.1111/j.1744-7429.2006.00115.x
- Dreger, J. J. D., & Sorthouse, J. D. (1992). Diversity of gall-inducing insects and their galls. In J. D. Sorthouse, & O. Rohfritsch (Eds.), *Biology of insect-induced galls* (pp. 8–34). New York, USA: Oxford University Press.
- Fonseca, O., Valera, N., & Vázquez, C. (2007). Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera. Psyllidae) en tres hospederos en el estado Lara, Venezuela. *Entomotropica*, 22(3), 144–152. Obtenido de <http://entomotropica.org/index.php/entomotropica/article/view/208/241>
- Foss, L. K. & Riesecke, L. K. (2004). Stem galls affect oak foliage with potential consequences for herbivory.

- Ecological Entomology*, 29, 273–280. doi: 10.1111/j.1365-2311.2004.00595.x
- Geilfus, F. (1994). *El árbol, al servicio del agricultor. Manual de agroforestería para el desarrollo rural*. Turrialba, Costa Rica: ENDA-CARIBE-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Obtenido de <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A4035E/A403502E.PDF>
- Hernández, G. O., Vergara, Y. S., & Larqué, S. A. (2014a). Studies on the productivity of *Brosimum alicastrum* a tropical tree used for animal feed in the Yucatan Peninsula. *Bothalia a Journal of bothanical and life Sciences Research*, 44(6), 70–81.
- Hernández, G. O., Vergara, Y. S., & Larqué, S. A. (2014b). Photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in *Brosimum alicastrum*. *Bothalia a Journal of Botanical and Life Sciences Research*, 44(6), 165–176.
- Herrera, A. Z. L. B. (1996). *Especies para reforestación en Nicaragua*. Nicaragua: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA)-Servicio Forestal.
- Larbi, A., Awojide, A. A., Adekunle, I. O., Ladipo, D. O., & Akinlade, J. A. (2000). Fodder production responses to pruning height and fodder quality of some trees and shrubs in a forest-savanna transition zone in southwestern Nigeria. *Agroforestry Systems*, 48, 157–168. doi: 10.1023/A:1006291413670
- Mani, M. S. (1992). Introduction to cecidology. In J. D. Shorthouse, & O. Rohfritsch (Eds.), *Biology of insect-induced galls* (pp. 3–7). New York, USA: Oxford University Press.
- Mead, F. W. (2006). Featured Creatures. *Persimmon psylla, Trioza diospyri* (Ashmead). Consultado 14-01-15 en http://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/persimmon_psylla.htm
- Moreno, G. V. (1995). Primeras experiencias sobre el manejo de *Brosimum alicastrum* Sw (Guáimaro) en el Jardín Botánico Nacional. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 16, 65–67. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/42596979>
- Niembro, R. A., Vázquez, M., & Sánchez, S. O. (2010). Árboles de Veracruz: 100 especies para la reforestación estratégica. Xalapa, Veracruz, México: Secretaría de Educación-Gobierno del Estado de Veracruz
- Nieto, L. M. G. (2010). *Fundamentos en la preparación de muestras para microscopía electrónica de barrido*. Tapachula, Chiapas, México: ECOSUR.
- Nieves, A. J. L. (1993). Agallas vegetales, extraños “frutos”. *Vida Silvestre*, 47, 148–155.
- Parker, T. (2008). *Trees of Guatemala*. Austin, Texas, USA: The Tree Press.
- Piotto, D. (2007). Growth of native tree species planted in open pasture, young secondary forest and mature forest in humid tropical Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science*, 19(2), 92–102. Obtenido de <http://www.frim.gov.my/v1/jtfs/online/jtfs/v19n2/92-102.pdf>
- Pennington, T. & Sarukhán, J. (2005). Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies (3a ed.). México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica.
- Price, W. P. (2005). Adaptative radiation of gall-inducing insects. *Basic and Applied Ecology*, 6(5), 413–421. doi:10.1016/j.baae.2005.07.002
- Rosado, L. G., & Larqué, S. A. (2014). The effect of salicylic acid on the growth of seedling roots of *Brosimum alicastrum*, a perennial tree from the Mexican tropics which produces recalcitrant seeds. *SYLWAN Journal*, 158(6), 338–346.
- Sharma, R. K., Singh, B., & Bhat, T. K. (2000). Nitrogen solubility, protein fractions, tannins and *in sacco* dry matter digestibility of tree fodders of Shiwalik range. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 17, 1–7. Obtenido de <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijan&volume=17&issue=1&article=001>
- Timmer, L. W. (2002). *Plagas y enfermedades de los cítricos* (2a ed.). USA: American Phytopathological Society.
- Tucuch-Haas, J. I., Rodríguez-Maciél, J. C., Lagunes-Tejeda, A., Silva-Aguayo, G., Aguilar-Medel, S., Robles-Bermúdez, A., & González-Camacho, J. M. (2010). Toxicidad de spiromesifen en los estados biológicos de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Neotropical Entomology*, 39(3), 436–440. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/ne/v39n3/v39n3a19.pdf>
- Tuthill, L. D. (1944). Contributions to the knowledge of the Psyllidae of Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 17(4), 143–159. Obtenido de <http://www.hemiptera-databases.org/psyllespdf/213.pdf>
- Valdez, J. (1991). Preparación de insectos y ácaros para microscopía electrónica de barrido. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología*, 8, 9–18.