

PARÁMETROS POBLACIONALES DE *Tetranychus merganser* BOUDREAUX (ACARI: TETRANYCHIDAE) EN PAPAYO (*Carica papaya* L.) A DIFERENTES TEMPERATURAS

POPULATION PARAMETERS OF *Tetranychus merganser* BOUDREAUX (ACARI: TETRANYCHIDAE) IN PAPAYA (*Carica papaya* L.) AT DIFFERENT TEMPERATURES

Noel Reyes-Pérez¹, Juan A. Villanueva-Jiménez^{1*}, Mónica de la Cruz Vargas-Mendoza¹,
Héctor Cabrera-Mireles², Gabriel Otero-Colina³

¹Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz, 91700. Veracruz, México. (nreyes@colpos.mx), (javj@colpos.mx), (mvargas@colpos.mx). ²Asesor en Manejo de Plagas. Calle Campesino 659, interior 5, Colonia Cándido Aguilar, 91789. Veracruz, Veracruz. ³Entomología y Acarología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados 56230. Montecillo, Estado de México, México, (gotero@colpos.mx).

RESUMEN

El ácaro *Tetranychus merganser* es una de las especies que causa mayor daño económico en la zona productora de papayo (*Carica papaya*) del estado de Veracruz, México. Por tanto, se requiere conocer aspectos de su biología para tomar mejores decisiones de su manejo. Se obtuvo una colonia de ácaros a partir de una hembra recolectada en el municipio de Manlio F. Altamirano, y se incrementó la población en invernadero sobre hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). El objetivo fue evaluar la influencia de la temperatura en los parámetros poblacionales de esta especie y sobre la duración de sus fases de desarrollo. Para ello se iniciaron cohortes desde huevecillos y expuestas a las siguientes condiciones: temperaturas constantes (19, 23, 27, 31, 33 y 35 °C); 60±2 % de humedad relativa; fotoperiodo de 14:10 h luz:oscuridad y alimentación en discos de hojas de papaya. La duración del ciclo de vida de *T. merganser* disminuyó de 52.3 hasta 12.9 d con el aumento de la temperatura. La tasa neta reproductiva (R_0) fue 37.40, 62.38, 43.98, 10.47 y 2.32 para 19, 23, 27, 31 y 33 °C; a 35 °C la cohorte no fue viable. La tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m) fue 0.08, 0.19, 0.21, 0.18 y 0.12 a las temperaturas anotadas. El desarrollo óptimo ocurrió entre 23 y 27 °C. Aunque el papayo no es su mejor hospedero comparado con parámetros poblacionales más favorables obtenidos por otros autores en frijol, *T. merganser* puede comportarse como plaga en papayo en las condiciones ambientales predominantes en la zona.

Palabras clave: ácaro, *Carica papaya*, *Phaseolus vulgaris*, tabla de vida, tasa de desarrollo, *Tetranychus merganser*.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: febrero, 2012. Aprobado: enero, 2013.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 47: 147-157. 2013.

ABSTRACT

Tetranychus merganser is a mite species that causes greater economic damage in the papaya (*Carica papaya*) production area in the state of Veracruz, Mexico. Therefore, it was necessary to study their biology in order to make better decisions in their management. We obtained a colony of mites from a female collected in the municipality of Manlio F. Altamirano, and expanded their population on bean leaves (*Phaseolus vulgaris*) under greenhouse conditions. The objective was to evaluate the influence of temperature on the population parameters of this species and the duration of their developmental stages. For this purpose, we established cohorts starting with eggs, and exposed them to the following conditions: constant temperatures (19, 23, 27, 31, 33 and 35 °C); 60±2 % relative humidity, photoperiod of 14:10 h light:dark, and fed with papaya leaf discs. The duration of the life cycle of *T. merganser* decreased from 52.3 to 12.9 d with the increase of temperature. The net reproductive rate (R_0) was 37.40, 62.38, 43.98, 10.47 and 2.32 for 19, 23, 27, 31 and 33 °C; at 35 °C, the cohort was not viable. The intrinsic rate of population increase (r_m) was 0.08, 0.19, 0.21, 0.18 and 0.12 at the temperatures recorded. Optimal development occurred between 23 and 27 °C. Although papaya is not its best host compared to more favorable population parameters obtained by other authors in beans, *T. merganser* can behave like a pest in papaya under the environmental conditions prevailing in the area.

Key words: mite, *Carica papaya*, *Phaseolus vulgaris*, life table, rate of development, *Tetranychus merganser*.

INTRODUCCIÓN

Boudreaux describió por primera vez a *Tetranychus merganser* en 1954, con organismos recolectados sobre *Ligustrum vulgare* L. en el estado de Louisiana, EE.UU. Las características principales que separan a esta especie de *Tetranychus tumidus* Banks y *Tetranychus atlanticus* McGregor son la uña empodial y el edeago en forma de cabeza de ganso (Figura 1). Tuttle *et al.* (1974) observaron esta especie en el noroeste y centro de México sobre mala mujer o ayohuiztle (*Solanum rostratum* Dunal), y después la registraron sobre tomatillo o tabaco cimarrón (*Solanum nigrum* L.) (Tuttle *et al.*, 1976); Estébanes-González y Rodríguez-Navarro (1991) indicaron su presencia sobre papayo (*Carica papaya* L.), chile (*Capsicum annuum* L.) y tomatillo o tabaco

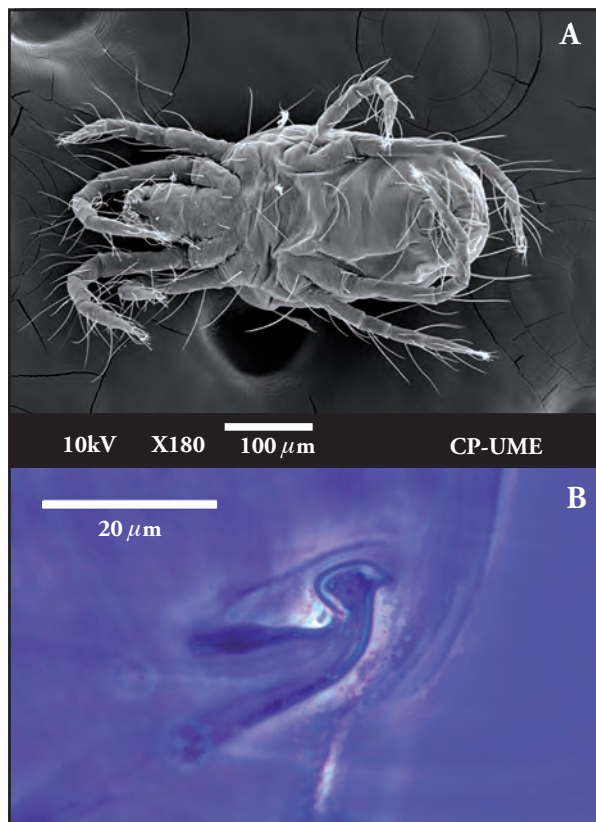


Figura 1. *Tetranychus merganser*. A. Fotomicrografía electrónica de barrido de la hembra, vista ventral. B. Fotomicrografía de contraste de fases del edeago del macho, vista lateral.

Figure 1. *Tetranychus merganser*. A. Electronic scanning photomicrograph of the female, ventral view. B. Phase contrast photomicrograph of the male aedeagus, side view.

INTRODUCTION

Boudreaux described *Tetranychus merganser* for the first time in 1954, with organisms collected on *Ligustrum vulgare* L. in the state of Louisiana, USA. The main features that differentiate this species from *Tetranychus tumidus* Banks and *Tetranychus atlanticus* McGregor are the empodial nail and goose head-shaped aedeagus (Figure 1). Tuttle *et al.* (1974) observed this species in northwestern and central México in Mexican thistle or ayohuiztle (*Solanum rostratum* Dunal), and then found it in tomatillo or bighorn snuff (*Solanum nigrum* L.) (Tuttle *et al.*, 1976); Estébanes-González and Rodríguez-Navarro (1991) reported its presence in papaya (*Carica papaya* L.), chile (*Capsicum annuum* L.) and tomatillo or bighorn snuff; Rodríguez (1999) reported the presence of *T. merganser* in papaya, peanut (*Arachis hypogaea* L.) and cempazúchitl (marigold) (*Tagetes erecta* L.), while Lomelí-Flores *et al.* (2008) found it in prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* L.) in the state of Morelos; and Abato (2011) reported it as a pest in papaya in the main producing area of central Veracruz state. According to Ullah *et al.* (2010), it was detected in cucumber (*Cucumis sativus* L.) in shipments sent to Japan from México and the USA.

External factors such as high temperature or food availability cause that the life cycle be shorter in some species of mites. Organisms that live in warm climates are generally more apt to make use of a resource in short periods to complete their development (Villanueva-Jiménez *et al.*, 1994). Temperature directly affects the physiological processes of tetranychid mites, as seen in their population parameters, such as the net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of population increase (r_m) and generation time (T) (Bonato, 1985; Wermelinger *et al.*, 1991).

Unlike its congener *Tetranychus urticae* Koch, there are few studies on the biology of *T. merganser* (Gallardo *et al.*, 2005; Ullah *et al.*, 2010), since its economic importance was recognized in the early 21st century. Ullah *et al.* (2010) collected *T. merganser* in pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) in Sonora, Mexico, and studied it using bean leaves (*Phaseolus vulgaris* L.). Abato (2011) recognized it as a primary pest for being part of the complex of spider mites that attack the papaya crop in central Veracruz (Figure 2). Therefore, the objective of this study was

cimarrón; Rodríguez (1999) registró la presencia de *T. merganser* en papayo, cacahuete (*Arachis hipogaea* L.) y cempazúchitl (*Tagetes erecta* L.), mientras que Lomelí-Flores *et al.* (2008) lo localizaron en nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en el estado de Morelos, y Abato (2011) lo reportó como plaga en papayo en la principal zona productora del centro del estado de Veracruz. Según Ullah *et al.* (2010, fue detectado en pepino (*Cucumis sativus* L.) en embarques enviados a Japón desde México y EE.UU.

Factores externos como alta temperatura o disponibilidad de alimento propician que el ciclo de vida sea más corto en algunas especies de ácaros. Los organismos que viven en climas cálidos generalmente son más aptos para aprovechar un recurso en periodos cortos de tiempo para completar su desarrollo (Villanueva-Jiménez *et al.*, 1994). La temperatura influye directamente sobre los procesos fisiológicos de los ácaros tetraníquidos, lo que se observa en sus parámetros poblacionales, como la tasa neta reproductiva (R_0), la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m) y el tiempo generacional (T) (Bonato, 1985; Wermelinger *et al.*, 1991).

A diferencia de su congénere *Tetranychus urticae* Koch, hay pocos estudios de la biología del ácaro *T. merganser* (Gallardo *et al.*, 2005; Ullah *et al.*, 2010), porque su importancia económica se reconoció a principios del siglo 21. Ullah *et al.* (2010) recolectaron *T. merganser* en calabaza (*Cucurbita maxima* Duch.) en Sonora, México, y lo estudiaron usando hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Abato (2011) lo reconoció como plaga primaria al formar parte del complejo de arañitas rojas que atacan al cultivo de papayo en la zona central de Veracruz (Figura 2). Por tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de diferentes temperaturas sobre el ciclo de vida y parámetros poblacionales de *T. merganser* alimentado en hojas de papayo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Adultos de *T. merganser* fueron recolectados sobre plantas de papayo en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, en Veracruz, durante octubre del 2009. La especie se identificó (Abato, 2011) y se inició una colonia con los huevos puestos por una hembra para asegurar que todos los individuos fueran de la misma especie, considerando que esta especie se reproduce por partenogénesis, típico de la familia Tetranychidae (Hoy, 2011). Su población se incrementó en laboratorio sobre hojas de papayo

to determine the effect of different temperatures on the life cycle and population parameters of *T. merganser* fed with papaya leaves.

MATERIALS AND METHODS

Adults *Tetranychus merganser* were collected on papaya plants in the municipality of Manlio Fabio Altamirano, in Veracruz, during October 2009. The species was identified (Abato, 2011) and a colony was started with eggs laid by a female to ensure that all individuals were of the same species, considering that this species reproduces itself by parthenogenesis, typical of the Tetranychidae family (Hoy, 2011). Its population was expanded in laboratory in papaya leaves and then raised it under greenhouse conditions in bean leaves for a larger number of individuals. We conducted tests in sand lots placed in petri dishes, based on the method by Helle and Overmeer, (1985), who used host plant tissue fragments for the development of mites. In each dish, one disc

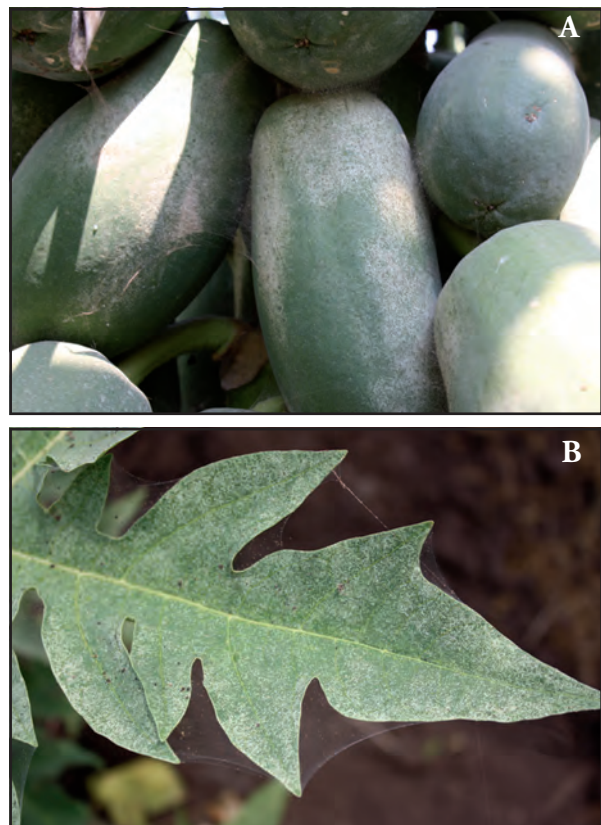


Figura 2. Decoloración y acumulación de telaraña consecutiva a una severa infestación de *Tetranychus merganser* en papayo. A. Frutos. B. Hoja.

Figure 2. Discoloration and accumulation of cobwebs following a severe infestation of *Tetranychus merganser* in papaya. A. Fruits. B. Leaf.

y luego se crió en invernadero sobre hojas de frijol para obtener un mayor número de individuos. Las pruebas se hicieron en arenas elaboradas en cajas petri, basadas en el método de Helle y Overmeer (1985), quienes usaron fragmentos de tejido vegetal hospedante para el desarrollo de ácaros. En cada caja se colocó un disco de hoja de papaya (4 cm diámetro) con el envés hacia arriba, asentado sobre una capa de algodón húmedo, cuyos bordes rodearon los costados del disco de hoja para evitar escapes de los individuos. Se colocaron dos a tres hembras provenientes de la cría sobre frijol y permanecieron 6 h en cada arena; después se retiraron y se dejó sólo un huevo de edad conocida por arena para formar las cohortes. Se obtuvieron seis conjuntos de 123, 131, 67, 124, 134 y 121 individuos (huevos), las cuales se colocaron dentro de cámaras de crecimiento Oriol EF® (México) a 19, 23, 27, 31, 33 y 35 °C, respectivamente, con un fotoperiodo de 14:10 h luz:oscuridad y humedad relativa de 60 ± 2 %. Los discos de hoja de papaya se sustituyeron por nuevos al notar indicios de pérdida de turgencia. Los individuos se observaron cada 12 h hasta la muerte del último de ellos. Se registraron los cambios de estado y se contaron los huevos obtenidos de los individuos que llegaron al estado adulto.

El diseño experimental fue completamente al azar, con diferente número de repeticiones. Con los datos de duración de las fases de desarrollo y del ciclo de vida total se realizó análisis de varianza con SAS versión 9.1, y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). La duración de la oviposición y el total de huevos se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis porque su distribución no fue normal. Los parámetros poblacionales se calcularon con el método de Birch (1948), aplicado por Hoque *et al.* (2008) y Win *et al.* (2011) para construir tablas de vida de Tetranychidae. En este método se parte de observaciones a diferentes edades (x) y se obtiene la supervivencia acumulada de las hembras (l_x) y el número de descendientes por hembra en una edad x (m_x). La tasa neta reproductiva (R_0) se calculó con la fórmula $R_0 = S(l_x \times m_x)$; el tiempo generacional (T) con la fórmula $T = S(x \times l_x \times m_x) / S(l_x \times m_x)$; la tasa intrínseca de crecimiento de la población (r_m) con $r_m = \ln(R_0) / T$; el tiempo de duplicación de la población (D_t) con $D_t = \ln(2) / r_m$; y la tasa finita de crecimiento (l) con $l = \exp(r_m)$. R_0 es el número de veces que la población se puede multiplicar en una generación; r_m es nuevos individuos por hembra por unidad de tiempo; D_t es el tiempo en que se duplica la población y l es el número de veces que la población puede multiplicarse por unidad de tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Duración del ciclo de vida

El ciclo de vida de *T. merganser* varió de 12.9 d en la temperatura mayor (35 °C), a 52.2 d en la menor

of papaya leaf (4 cm in diameter) was placed with the underside upwards, set on a wet cotton layer, whose edges surrounded the sides of the leaf disc to prevent escape of individuals. We placed two to three breeding females in bean and left them for 6 h in each sand lot; then we removed them and left only one egg of known age per sand lot to form cohorts. Six sets of 123, 131, 67, 124, 134 and 121 individuals (eggs) were obtained and they were placed in growth chambers Oriol EF® (México) at 19, 23, 27, 31, 33 and 35 °C, respectively, with a photoperiod of 14:10 h light: dark and relative humidity of 60 ± 2 %. We replaced the papaya leaf discs for new ones after noting signs of turgor loss. Individuals were monitored every 12 h until the death of the last one; recorded stage changes and counted the eggs obtained from the individuals who reached adulthood.

The experimental design was completely at random, with different numbers of replications. The development phase duration and lifetime data was used to perform an analysis of variance with SAS version 9.1, and means were compared with the Tukey test ($p \leq 0.05$). The duration of oviposition and the total amount of eggs were analyzed with the Kruskal-Wallis test because the distribution was not normal. The population parameters were calculated with the method by Birch (1948), applied by Hoque *et al.* (2008) and Win *et al.* (2011) to construct life tables of *Tetranychidae*. In this method, we started from observations at different ages (x) and obtained the cumulative survival of females (l_x) and the number of offspring per female at age x (m_x). The net reproductive rate (R_0) was calculated with formula $R_0 = S(l_x \times m_x)$; the generation time (T) with $T = S(x \times l_x \times m_x) / S(l_x \times m_x)$; the intrinsic population growth rate (r_m) with $r_m = \ln(R_0) / T$; the time for doubling the population (D_t) with $D_t = \ln(2) / r_m$; and the finite growth rate (l) with $l = \exp(r_m)$. R_0 is the number of times the population can multiply in a generation; r_m is new individuals per female per time unit; D_t is the time in which the population doubles, and l is the number of times the population can multiply per time unit.

RESULTS AND DISCUSSION

Life cycle duration

The life cycle of *T. merganser* ranged from 12.9 d at the highest temperature (35 °C), to 52.2 d at the lowest (19 °C). Figure 3 shows the survival curves of *T. merganser* at different temperatures. According to Vera *et al.* (2002), temperatures of 19, 23 and 27 °C foster survival curves of type I in populations with small losses of individuals at early age, and greater losses in old age. The remaining curves are of type IV, with gradual loss throughout the entire development. Although the completion of the population curves

(19 °C). Las curvas de supervivencia de *T. merganser* a diferentes temperaturas se muestran en la Figura 3. De acuerdo con Vera *et al.* (2002), las temperaturas de 19, 23 y 27 °C propician curvas de supervivencia del tipo I en poblaciones con pérdidas pequeñas de individuos a edad temprana y con pérdidas mayores en edad avanzada. Las curvas restantes son del tipo IV, con pérdidas graduales a lo largo de todo el desarrollo. Aunque la finalización de las curvas de las poblaciones evaluadas a 31 y 33 °C ocurrió después que la de 27 °C, el promedio de longevidad de los individuos fue menor (Cuadro 1), y a 33 °C sobrevivieron por más tiempo que a 31 °C debido a la persistencia

assessed at 31 °C and 33 °C occurred after that of 27 °C, the average longevity of individuals was lower (Table 1). At 33 °C, some adult individuals lived longer than at 31 °C due to their persistence of prolonged survival, though with minimal activity, that is, with few movements and rare oviposition.

The analysis of variance showed significant differences due to temperature in the duration of the development stages of *T. merganser*, as well as the total duration of the life cycle. All stages (egg, larva, nymph and adult) showed significant shortening when going from 19 to 23 °C, but when going from 23 to 27 °C we again observed an extension

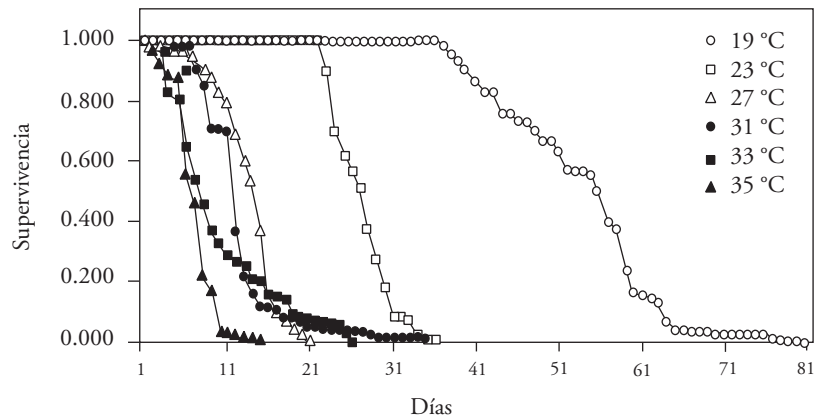


Figura 3. Curvas de supervivencia de *Tetranychus merganser* a diferentes temperaturas con 60 ± 2% de humedad relativa y 14:10 h luz: oscuridad, alimentado en discos de hoja de papaya (*Carica papaya*).

Figure 3. Survival curves of *Tetranychus merganser* at different temperatures with 60 ± 2% relative humidity and 14:10 h light: dark, fed with papaya (*Carica papaya*) leaf discs.

Cuadro 1. Duración en días de las diferentes fases de desarrollo de *Tetranychus merganser* a diferentes temperaturas, con 60 ± 2% de humedad relativa y fotoperiodo de 14:10 h luz: oscuridad alimentado en discos de hoja de papaya (*Carica papaya*).

Table 1. Duration in days of different development stages of *Tetranychus merganser* at different temperatures, with 60 ± 2% relative humidity and photoperiod of 14:10 h light: dark, fed with papaya (*Carica papaya*) leaf discs.

Temperatura	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Adulto	Total
19 °C	13.36 a ± 2.08	7.02 a ± 1.84	6.96 a ± 1.92	5.70 a ± 1.80	20.21 a ± 9.68	52.24 a ± 9.19
23 °C	6.05 b ± 0.85	3.15 b ± 0.52	3.23 b ± 0.57	3.08 b ± 0.61	11.02 b ± 3.63	26.54 b ± 3.30
27 °C	4.10 c ± 0.52	1.74 c ± 0.54	1.67 c ± 0.52	2.21 c ± 0.56	18.27 a ± 6.16	27.99 b ± 6.02
31 °C	3.00 d ± 0.38	1.53 c ± 0.25	1.51 c ± 0.29	2.01 c ± 0.21	4.45 c ± 3.31	13.26 d ± 4.63
33 °C	2.71 d ± 0.37	1.58 c ± 0.51	1.62 c ± 0.27	2.83 b ± 0.51	9.13 b ± 4.68	17.81 c ± 4.84
35 °C	2.62 d ± 0.76	2.98 b ± 1.09	2.17 c ± 0.76	1.75 ± 0.35	3.25 ± 1.06	12.95 ± 4.84

Diferentes letras en una columna indican diferencia significativa (Kruskal-Wallis; p ≤ 0.05) ♦ Different letters in a column indicate significant differences (Kruskal-Wallis; p ≤ 0.05).

de algunos individuos que prolongaron su supervivencia como adultos aunque con mínima actividad, es decir, con pocos movimientos y rara oviposición.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas debido a la temperatura en la duración de las fases de desarrollo de *T. merganser*, así como en la duración total del ciclo de vida. Todos los estados (huevo, larva, ninfa y adulto) mostraron un acortamiento significativo al pasar de 19 a 23 °C, pero al pasar de 23 a 27 °C se observó nuevamente un alargamiento del estado adulto (a 23 °C el estado adulto duró 11.02 d, y 18.27 d a 27 °C), lo que se reflejó en la duración similar de todo el ciclo a estas temperaturas. El acortamiento del estado de huevo no fue significativamente diferente entre 31, 33 o 35 °C (3.00, 2.71 y 2.62 d); tampoco el de larva y el de protoninfa entre 27, 31 o 33 °C (1.74, 1.53 y 1.58 d para larva y 1.67, 1.51 y 1.62 d para protoninfa). Incluso hubo un pequeño alargamiento de esta fase a 35 °C (2.17 d), así como de la deutoninfa y del estado adulto a 33 °C. Sólo sobrevivieron dos individuos a 35 °C, por lo que no fue posible evaluar su duración como deutoninfas y adultos; no se incluyeron en el análisis de varianza y sólo se presentan sus promedios.

Ullah *et al.* (2010) también señalan que la temperatura afecta como en todo organismo poiquilotermo la duración del ciclo de *T. merganser*, el cual se acorta al aumentar la temperatura de 15 a 35 °C, pero detectaron diferencias al compararlo con *Tetranychus kanzawai* Kishida. A diferencia del presente estudio, ellos observaron el ciclo completo a más de 35 °C y a 40 °C los huevos de *T. merganser* ya no eclosionaron, un efecto observado en el presente estudio a 33 °C. Esto podría explicarse por diferencias genéticas de la adaptación al ambiente de las colonias de ácaros usadas, por la diferencia en hospederos usados y por la humedad relativa usada en este estudio, que fue 10 % menor que la del experimento de Ullah *et al.* (2010).

Los valores registrados en el presente estudio a 27 °C son similares a los observados en *T. urticae* en pimiento (*C. annuum*) a 70 % de humedad relativa (HR) (Gallardo *et al.*, 2005), y en *Tetranychus ludeni* Zacher alimentado en hojas de algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) a 30 °C y 70 % HR (Da Silva, 2002). Dehghan *et al.* (2009) muestran una variación de 16 a 22 d en la duración total del ciclo en *T. urticae* a 25 °C y 70 % HR cuando se alimentó con diferentes variedades de soya (*Glycine max* L.), y los valores son similares en *T. ludeni* alimentado en hojas de frijol con una variación de 1 d en la duración total

of the adult stage (at 23 °C the adult stage lasted 11.02 d, and at 27 °C 18.27 d), which was reflected in the similar duration of the entire cycle at these temperatures. The shortening of the egg stage was not significantly different between 31, 33 or 35 °C (3.00, 2.71 and 2.62 d), nor those of larva and protonymph between 27, 31 or 33 °C (1.74, 1.53 and 1.58 d for larvae and 1.67, 1.51 and 1.62 d for protonymph). There was even a slight extension of this phase at 35 °C (2.17 d) and of deutonymph and adult stage at 33 °C. Only two individuals survived at 35 °C, so it was not possible to assess their duration as deutonymphs and adults; we did not include them in the analysis of variance and presented only their averages.

Ullah *et al.* (2010) also indicate that temperature affects as in any poikilothermic organism the duration of the cycle of *T. merganser*, which shortens when temperature rises from 15 to 35 °C, but detected differences when compared with *Tetranychus kanzawai* Kishida. Unlike the present study, they observed the full cycle at over 35 °C; and at 40 °C *T. merganser* eggs did not hatch, an effect observed in this study at 33 °C. This may be due to genetic differences of adaptation to the environment of the colonies of mites used, or the difference in the host and relative humidity used in the present study, which was 10 % lower than in the experiment by Ullah *et al.* (2010).

The values recorded in this study at 27 °C are similar to those observed in *T. urticae* in pepper (*C. annuum*) at 70% relative humidity (HR) (Gallardo *et al.*, 2005), and in *Tetranychus ludeni* Zacher fed with cotton leaves (*Gossypium hirsutum* L.) at 30 °C and 70 % HR (Da Silva, 2002). Dehghan *et al.* (2009) reported a variation from 16 to 22 d in the total cycle in *T. urticae* at 25 °C, and 70 % HR when fed with different varieties of soybean (*Glycine max* L.); and values are similar in *T. ludeni* fed with bean leaves with a variation of 1 d in the total cycle (Morros and Aponte, 1994). Similarities in developmental times between *T. merganser* and other species of *Tetranychus*, evaluated at similar temperatures brings out the importance of gender in these cosmopolitan organisms adapted to warm-subhumid conditions on important agricultural substrates.

Oviposition

Most oviposition was obtained at 23 °C, which decreased with higher temperature, although at 33 °C

del ciclo (Morros y Aponte, 1994). Las semejanzas en los tiempos de desarrollo entre *T. merganser* y otras especies de *Tetranychus*, evaluadas a temperaturas similares, permite ver la importancia del género como organismos cosmopolitas, adaptados a condiciones cálido-subhúmedas sobre sustratos agrícolas importantes.

Oviposición

La mayor oviposición se obtuvo a 23 °C y decreció al aumentar la temperatura, aunque a 33 °C fue ligeramente superior que a 31 °C (Cuadro 2). A 35 °C no hubo huevos viables, en contraste con lo reportado por Ullah *et al.* (2010) de que a 37.5 °C el 50 % de los huevos de *T. merganser* son viables, a 40 °C esta especie no oviposita y el valor máximo de oviposición es más de 100 huevos por hembra a 30 °C. Pero en el presente estudio el valor máximo se observó a 23 °C (70.73 huevos), un resultado similar al reportado por Hoque *et al.* (2008) en *T. urticae* sobre frijol (*Lablab purpureus* L.) a 27 °C. De acuerdo con el presente estudio, la temperatura influye en la duración del periodo de oviposición y en el total de huevos depositados (Cuadro 2). A 23 °C se observó la mayor oviposición, aunque la duración fue mayor a 19 °C.

La oviposición en tetraníquidos puede cambiar por otros factores además de la temperatura. Respecto al efecto del alimento, Dehghan *et al.* (2009) señalan variaciones de 92.46 a 113.07 huevos por hembra en *T. urticae* alimentado con diferentes cultivos de soja, lo que explica en cierta medida las diferencias observadas por Ullah *et al.* (2010). Además, en *T. urticae* la oviposición disminuye cuando hay poca telaraña (Oku *et al.*, 2009), porque ésta tiene la función de protección en la familia Tetranychidae (Hoy, 2011), donde algunas especies suelen dejar feromonas sexuales que cambian su comportamiento. La pérdida de telaraña ocurrió en el presente experimento durante los cambios de tejido vegetal, por lo que se debe considerar dicho factor para mediciones en esta familia de ácaros.

Parámetros poblacionales

Los principales parámetros poblacionales (Cuadro 3) muestran una tasa neta reproductiva de 62.38 a 23 °C y una tasa intrínseca de crecimiento poblacional

Cuadro 2. Promedio de duración de la oviposición y total de huevos depositados por *Tetranychus merganser* a diferentes temperaturas, alimentado en discos de hoja de *Carica papaya*.

Table 2. Average duration of oviposition and total *Tetranychus merganser* eggs laid at different temperatures, fed with *Carica papaya* leaf discs.

Temperatura	Oviposición (días)	Total (huevos)	Huevos (por día)
19 °C	18.38 a	38.71 b	2.11
23 °C	10.18 c	70.73 a	6.95
27 °C	16.20 a	52.45 ab	3.24
31 °C	4.52 d	15.24 bc	3.37
33 °C	7.45 e	21.18 bc	2.84

Letras diferentes en la una columna indican diferencia significativa (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$) ♦ Different letters in a column indicate significant differences (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.05$).

was slightly higher than at 31 °C (Table 2). At 35 °C, there were no viable eggs, in contrast with that reported by Ullah *et al.* (2010) which at 37.5 °C 50 % of the *T. merganser* eggs were viable, this species at 40 °C does not lay eggs and the maximum value of oviposition is more than 100 eggs per female at 30 °C. But in our study, the maximum value was observed at 23 °C (70.73 eggs), a result similar to that reported by Hoque *et al.* (2008) in *T. urticae* in bean (*Lablab purpureus* L.) at 27 °C. According to the present study, temperature influences the duration of oviposition and the total of eggs laid (Table 2). At 23 °C, the highest oviposition was observed, although its duration increased at 19 °C.

Oviposition in tetranychids can also change due to other factors in addition to temperature. Regarding the effect of food, Dehghan *et al.* (2009) noted variations from 92.46 to 113.07 eggs per female in *T. urticae* fed with different soybean cultivars, which explains to some extent the differences observed by Ullah *et al.* (2010). Furthermore, in *T. urticae* oviposition decreases in low cobweb (Oku *et al.*, 2009) because the latter has the function of protecting the Tetranychidae family (Hoy, 2011), where some species often leave sex pheromones that change their behavior. Cobweb loss occurred in this experiment during maintenance changes of plant tissue, a factor worth considering for measurements in this family of mites.

de 0.21 a 27 °C, comparados con valores de 117.3 a 25 °C y de 0.41 a 30 °C, a 60 a 70 % HR y fotoperiodo de 16:8 luz:oscuridad mencionado por Ullah *et al.* (2010) para *T. merganser* recolectado en calabaza (*C. maxima*) en Sonora, evaluado sobre hojas de frijol como alimento. Además, estos autores indican que el tiempo generacional decreció de 56.2 d a 15 °C hasta 9.8 d a 35 °C, mientras que en el presente estudio el resultado fue similar pero el tiempo generacional fue ligeramente mayor a 33 que a 31 °C. Según Ullah *et al.* (2010), en *T. merganser* hay desarrollo a 37 °C, pero en el presente estudio la población no prosperó a 35 °C. Las diferencias entre ambos estudios pueden atribuirse a diferencias nutricionales y de metabolitos secundarios presentes en frijol y papaya, y Ullah *et al.* (2010) usaron una HR de 60 a 70 %. En este sentido, Hoque *et al.* (2008) y Gallardo *et al.* (2005) evaluaron *T. urticae* en frijol y pimiento, respectivamente, a temperaturas similares pero los resultados fueron diferentes en las tablas de vida. Hay diferencias en las tablas de vida de *T. urticae* alimentado sobre diferentes cultivares de soya (Dehghan *et al.*, 2009), y variaciones en los parámetros poblacionales de *Oligonychus punicae* (Hirst) alimentado en hojas de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedades Hass, Fuerte y Criollo (Cerna *et al.*, 2009). Lo anterior refuerza la observación de la influencia del alimento en el ciclo de vida de estos tetránquidos.

Respecto a la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m), los valores óptimos de desarrollo para *T. ludeni* fue 24 y 29 °C con una r_m de 0.27 (Da Silva, 2002), para *O. punicae* en aguacate Hass la r_m fue 0.22 a 24 °C (Cerna *et al.*, 2009), para *T. urticae* en soya la r_m fue 0.26 a 27 °C (Dehghan *et al.*, 2009), y para *T. Urticae* en frijol fue alta r_m de 0.18 a 27 °C (Hoque *et al.*, 2008). Es decir, en diferentes especies

Population parameters

The main population parameters (Table 3) show a net reproduction rate of 62.38 at 23 °C and an intrinsic rate of population growth of 0.21 at 27 °C compared to 117.3 at 25 °C and 0.41 at 30 °C; relative humidity (HR) going from 60 to 70%, and 16:8 light: dark photoperiod, as reported by Ullah *et al.* (2010) for *T. merganser* collected in pumpkin (*C. maxima*), in Sonora, and evaluated in bean leaves as food. Furthermore, these authors suggest that the generation time decreased from 56.2 d at 15 °C to 9.8 d at 35 °C, while in the present study the result was similar, but the generation time was slightly higher at 33 than at 31 °C. According to Ullah *et al.* (2010), in *T. merganser* there is development at 37 °C, whereas in our study the population did not develop at 35 °C. Differences between the two studies may be due to differences in nutrition and secondary metabolites present in beans and papaya, and because Ullah *et al.* (2010) used 60 to 70 % HR. In this sense, Hoque *et al.* (2008) and Gallardo *et al.* (2005) evaluated *T. urticae* in beans and peppers, respectively, at similar temperatures, but results were different in the life tables. There are differences in the life tables of *T. urticae* fed with different soybean cultivars (Dehghan *et al.*, 2009), and variations in the population parameters of *Oligonychus punicae* (Hirst) fed with avocado leaves (*Persea americana* Mill) of the Hass, Fuerte and Criollo varieties (Cerna *et al.*, 2009). This confirms the influence of food on the life cycle of these tetranychids.

Regarding the population increase intrinsic rate (r_m), the optimal development values for *T. ludeni* were 24 and 29 °C with 0.27 r_m (Da Silva, 2002) for *O. punicae* in Hass avocado the r_m was 0.22 at

Cuadro 3. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* a diferentes temperaturas y humedad relativa de 60 ± 2 % y fotoperiodo de 14: 10 h luz:oscuridad, utilizando como alimento hojas de papaya (*Carica papaya*).

Table 3. Population parameters of *Tetranychus merganser* at different temperatures and relative humidity of 60 ± 2 % and 14: 10 h light: dark photoperiod, using papaya leaves (*Carica papaya*) as food.

Parámetro/ Temperatura (°C)	19	23	27	31	33	35
Tasa neta reproductiva (Ro)	37.40	62.38	43.98	10.47	2.33	-
Tiempo medio generacional (T)	45.52	22.76	18.28	13.50	15.12	-
Tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m)	0.08	0.19	0.21	0.18	0.12	-
Tasa finita de crecimiento poblacional (λ)	1.08	1.21	1.23	1.20	1.13	-
Tiempo de duplicación de la población (Dt)	0.71	3.69	3.35	3.76	5.78	-

de tetraníquidos las temperaturas óptimas de desarrollo están entre 23 y 30 °C. Para *T. merganser* el desarrollo óptimo fue a 30 °C con r_m de 0.41 según Ullah *et al.* (2010), pero en el presente estudio fue entre 23 y 27 °C con r_m de 0.21.

En la Figura 4 se presentan los inversos de R_o , T , r_m , l y Dt , lo que permite ver la tendencia de los valores con el incremento de la temperatura. Los valores muestran un incremento con la temperatura y luego una disminución, con las temperaturas más altas mostrando sus puntos óptimos entre 23 y 31 °C.

CONCLUSIONES

El desarrollo óptimo de *Tetranychus merganser* en papayo está entre 23 y 27 °C, donde su capacidad

de desarrollo es óptima entre 23 y 30 °C. For *T. merganser*, the optimal development was at 30 °C with 0.41 r_m , according to Ullah *et al.* (2010); but in this study, we recorded between 23 and 27 °C, with 0.21 r_m .

Figure 4 presents the inverse values of R_o , T , r_m , l and D_t , which allows to see the trend of values when temperature rises. Values show an increase when temperature rises and then a final decrease with higher temperatures, exhibiting their optimum levels between 23 and 31 °C.

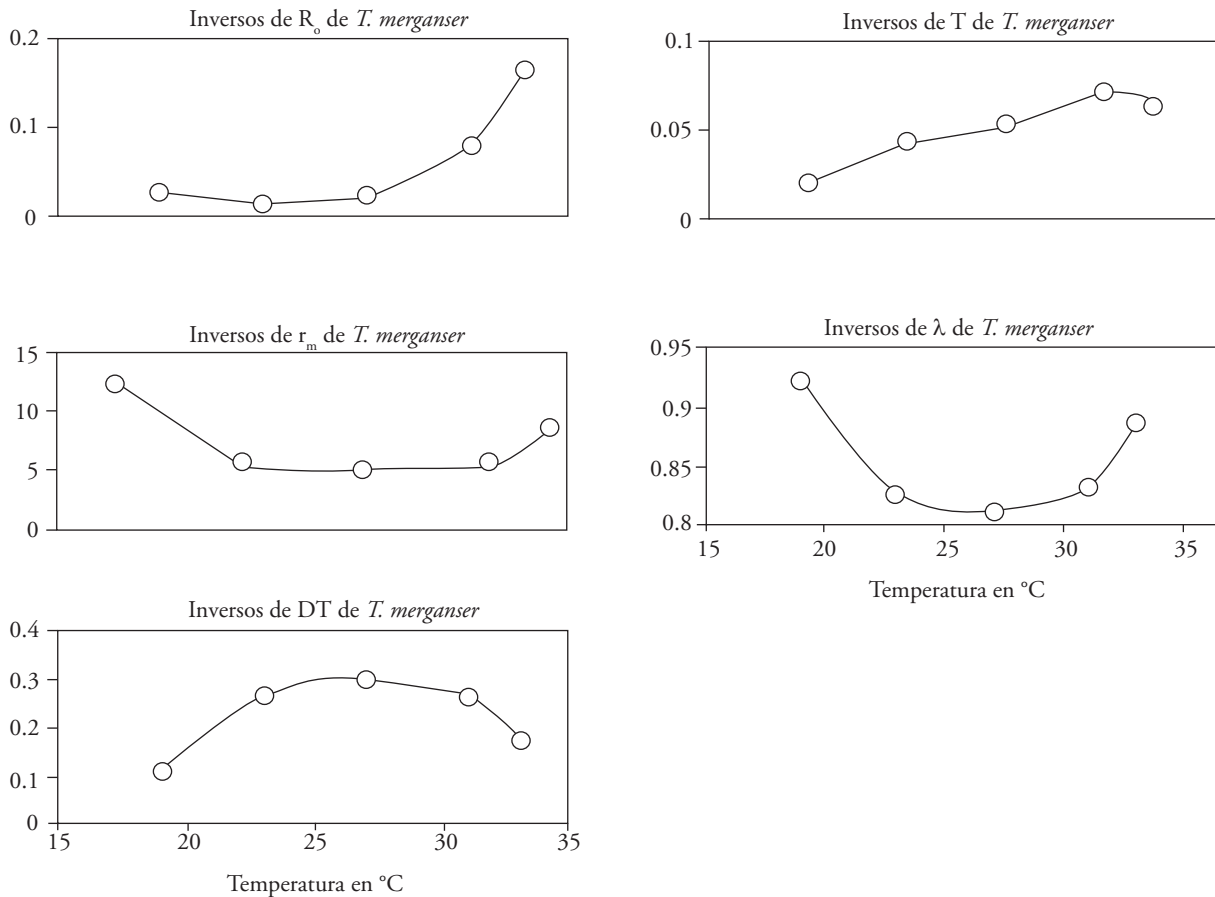


Figura 4. Inversos ($1/X$) de tasa neta reproductiva (R_o), tiempo medio generacional (T), tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m), tasa finita de crecimiento poblacional (l) y tiempo de duplicación de la población (Dt) de *Tetranychus merganser* a diferentes temperaturas, con humedad relativa de $60 \pm 2\%$ y fotoperiodo de 14:10 h luz:oscuridad.

Figure 4. Inverse values ($1/X$) of net reproductive rate (R_o), mean generation time (T), intrinsic rate of population increase (r_m), finite rate of population increase (l) and time for doubling the population (Dt) of *Tetranychus merganser* at different temperatures, with relative humidity of $60 \pm 2\%$ and 14:10 h light: dark photoperiod.

de incremento poblacional es comparable con la de otras especies con estatus de plagas importantes en diversos cultivos. En el cultivo de papaya este ácaro tiene potencial para lograr niveles de población que la hacen una plaga importante en las condiciones ambientales de la zona productora de Veracruz. Pero dicho ácaro no logra desarrollarse con la misma eficiencia que muestra en otros hospederos como frijol.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT y al Colegio de Postgraduados por el financiamiento otorgado para la realización de la presente investigación, a través del Fideicomiso Revocable de la Administración e Inversión No. 167304 para el Establecimiento y Operación de los Fondos para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Centro Público Colegio de Postgraduados, y la Línea Prioritaria de Investigación 2 "Agroecosistemas Sustentables". Al INIFAP-CIR-GOC, Campo Experimental Cotaxtla y al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, por facilitar equipo e instalaciones.

LITERATURA CITADA

- Abato Z., M. 2011. Manejo integrado de la acarofauna del papayo y su transferencia en el estado de Veracruz. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Programa en Agroecosistemas Tropicales, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 114 p.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- Bonato, O. 1985. The effect of temperature on life history parameters of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23: 11-19.
- Boudreaux, B. H. 1954. New species of tetranychid mites. *Pan Pacific Entomol.* 30: 181-186.
- Cerna, E., M. H. Badii, Y. Ochoa, L. A. Aguirre, y U. J. Landeros. 2009. Tabla de vida de *Oligonychus punicae* Hirst (Acari: Tetranychidae) en hojas de aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, Fuerte y Criollo. *Univ. y Ciencia.* 25: 133-140.
- Da Silva, C. A. D. 2002. Biología e exigência térmicas do ácaro-vermelho (*Tetranychus ludeni* Zacher) em folhas de algodoeiro. *Pesq. Agropec. Bras.* 37: 573-598.
- Dehghan, M. S., H. Allahyari, A. Saboori, J. Nowzari, and V. H. Naveh. 2009. Fitness of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on different soybean cultivars: biology and fertility life-tables. *Intl. J. Acar.* 35: 341-347.
- Estébanes-Gonzalez, M. L., y S. I. Rodríguez-Navarro. 1991. Observaciones sobre algunos ácaros de las familias Tetranychidae, Eriophyidae, Acaridae y Tarsonemidae (Acari), en hortalizas de México. *Folia Entomol. Mex.* 83: 199-212.

CONCLUSIONS

The optimal development of *Tetranychus merganser* in papaya is between 23 and 27 °C, where its population growth capacity is comparable to that of other species with status of major pests for various crops. In papaya orchards, this mite has the potential to achieve population levels that make it an important pest under the environmental conditions of the producing area of Veracruz. But this mite fails to develop with the same efficiency shown in other hosts such as beans.

—End of the English version—



- Gallardo, A., C. Vásquez, J. Morales, y J. Gallardo. 2005. Biología y enemigos naturales de *Tetranychus urticae* en pimentón. *Man. Int. Plagas Agroecol.* 74: 34-40.
- Helle, W., and W. Overmeer. 1985. Rearing techniques. In: Helle, W., and M. Sabelis (eds). *Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control 1A*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam and New York. pp: 331-335.
- Hoque, M. F., W. Islam, and M. Khalequzzaman. 2008. Life tables of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *J. Biol. Sci.* 16: 1-10.
- Hoy, M. A. 2011. *Agricultural Acarology, Introduction to Integrated Mite Management*. CRS Press. USA. pp. 85-102.
- Lomeli-Flores, J. R., E. Rodríguez-Leyva, G. Otero-Colina, G. Mora-Aguilera, y F. Esquivel-Chávez. 2008. Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos. In: Estrada V., E. G., A. Equihua, J. R. Padilla, y A. Mendoza (eds). *Entomología Mexicana* 7. pp: 21-25.
- Morros C., M. E., y L. O. Aponte. 1994. Biología y tabla de vida de *Tetranychus ludeni* Zacher en caraota *Phaseolus vulgaris* L. *Agron. Trop.* 44: 667-677.
- Oku, K., S. Magalhães, and M. Dicke. 2009. The presence of webbing affects the oviposition rate of two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 49: 167-172.
- Rodríguez N., S. 1999. Ácaros. 1999. In: Deloya L., A. C., y J. E. Valenzuela G. (eds). *Catálogo de Insectos y Ácaros Plaga de los Cultivos Agrícolas de México*. Soc. Mex. Entomol. Public. Esp. No. 1. pp: 124-140.
- Tuttle, D. M., E. W. Baker, and M. Abbatiello. 1974. Spider mites from Northwestern and North Central Mexico (Acarina: Tetranychidae). *Smithson. Contrib. Zool.* 171: 1-18.
- Tuttle, D. M., E. W. Baker, and M. Abbatiello. 1976. Spider mites of Mexico (Acarina: Tetranychidae). *Intl. J. Acar.* 2: 1-102.

- Ullah, M. S., D. Morilla, M. H. Badii, G. Nachman, G., and T. Gotoh. 2010. A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Exp. Appl. Acarol.* 54: 1-19.
- Vera G. J., V. M. Pinto, J. López C., y R. Reyna R. 2002. *Ecología de Poblaciones de Insectos*. Segunda edición. Colegio de Postgraduados. 137 p.
- Villanueva-Jiménez, J. A., J. Ventura-Godínez, y R. Vega N. 1994. Grados-día de desarrollo de *Aphis nerii* (Boyer) (Homoptera: Aphididae) bajo condiciones térmicas controladas y variables. *Man. Int. Plagas Agroecol.* 32: 19-24.
- Wermelinger B., J. J. Oertli, and J. Baumgärtner. 1991. Environmental factors affecting the life-tables of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). III. Host-plant nutrition. *Exp. Appl. Acarol.* 12: 259-274.
- Win, S. S., R. Muhamad, Z. A. M. Ahmad, and N. A. Adam. 2011. Life table and population parameters of *Nilaparvata lugens* Stal. (Homoptera: Delphacidae) on rice. *Trop. Life Sci. Res.* 22: 25-35.