

EFFECTOS DE *Tetranychus urticae* Y *Phytoseiulus persimilis* (ACARI: TETRANYCHIDAE: PHYTOSEIIDAE) EN LA CLOROFILA DE PLANTAS DE ROSAL (*Rosa* sp.)

EFFECTS OF *Tetranychus urticae* AND *Phytoseiulus persimilis* (ACARI: TETRANYCHIDAE: PHYTOSEIIDAE) ON THE CHLOROPHYLL OF ROSAL PLANTS (*Rosa* sp.)

Julio C. Chacón-Hernández¹, Isaac Camacho-Aguilar², Ernesto Cerna-Chavez², Salvador Ordaz-Silva³,
Yisa M. Ochoa-Fuentes², Jerónimo Landeros-Flores^{2*}

¹Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, División del Golfo No. 356, 87019, Colonia Libertad, Ciudad Victoria, Tamaulipas. ²Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila; México (jlanflo@uaan.mx). ³Facultad de Ingeniería y Negocios, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Ensenada San Quintín, km 180.2., 22930, Ejido Padre Kino, San Quintín, Baja California, México.

RESUMEN

Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) es la plaga principal en rosal (*Rosa* sp.) (Rosales: Rosaceae), al reducir la cantidad de clorofila de la planta y en grandes densidades la sobreexplotan e incluso las matan. Uno de los controladores biológicos más utilizados para esta plaga por su alta eficacia es el ácaro *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). La hipótesis fue: *P. persimilis* reduce las poblaciones de *T. urticae* y por ende la clorofila no es afectada. Los objetivos fueron: 1) determinar la susceptibilidad o resistencia de variedades de rosal al ataque de *T. urticae*, 2) determinar la relación entre la condición de la planta y la densidad poblacional de *T. urticae*, 3) conocer el efecto de depredación de *P. persimilis* en el control de *T. urticae* y la eficiencia, y 4) determinar en cual variedad de rosal, *P. persimilis* se desempeña mejor. El experimento se estableció en dos partes, la primera fue de una vía y la segunda de medidas repetidas, para analizar los efectos de *T. urticae* y la liberación *P. persimilis* mediante las variables contenido de clorofila en unidades SPAD cm⁻², porcentaje de daño por cm² y el número de ácaros por cm² en variedades de rosal. Las repeticiones fueron tres por cada estrato (superior, medio e inferior) por variedad de rosal por semana, por lo cual se analizaron 72 muestras por variedad. Las variedades de rosal evaluadas fueron Virginia y Ojo de Toro. Al azar se liberaron 100 *T. urticae* y 12 ácaros *P. persimilis* por planta. El análisis de datos fue ANDEVA de una vía y de medias repetidas, regresiones simples lineales, múltiples y no lineales para determinar la dependencia entre

ABSTRACT

Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) is the main pest in rose (*Rosa* sp.) (Rosales: Rosaceae) by reducing the amount of chlorophyll in plants and at high densities they are overexploited and even killed. One of the most used biological controllers for this pest for its high efficiency is the mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Our hypothesis was: *P. persimilis* reduces the populations of *T. urticae* and therefore chlorophyll is not affected. The objectives were: 1) to determine the susceptibility or resistance of rose varieties to the attack of *T. urticae*, 2) determine the relationship between the condition of the plant and the population density of *T. urticae*, 3) know the predation effect of *P. persimilis* in the control of *T. urticae* and its efficiency; and 4) determine in which variety of rose *P. persimilis* performs best. We established the experiment in two parts; the first was one-way and the second consisted of repeated measurements to analyze the effects of *T. urticae* and the release of *P. persimilis* through the chlorophyll content variables in SPAD cm⁻² units, percentage of damage per cm² and the number of mites per cm² in rose varieties. We did three repetitions for each stratum (upper, middle and lower) by variety of rosebush per week, for which we analyzed 72 samples per variety. The varieties of rose evaluated were Virginia and Ojo de Toro. At random we released 100 *T. urticae* and 12 *P. persimilis* mites per plant. The data analysis was one-way ANOVA and repeated means, simple linear, multiple and non-linear regressions to determine the dependence between the variables. Prior to the release of *P. persimilis* there were significant differences between the varieties with respect to the abundance of *T. urticae* per cm², but not in the chlorophyll content and percentage of damage.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: febrero, 2017. Aprobado: octubre, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en Agrobiencia 52: 895-909. 2018.

las variables. Previo a la liberación de *P. persimilis* hubo diferencias significativas entre las variedades con respecto a la abundancia de *T. urticae* por cm², pero no, en el contenido de clorofila y porcentaje de daño. Después de la liberación de *P. persimilis*, la abundancia de *T. urticae* fue diferente en los estratos de ambas variedades. La variedad Ojo de Toro presentó el menor contenido de clorofila. No hubo diferencia en el porcentaje de daño y la abundancia de *P. persimilis* entre ambas variedades. *Phytoseiulus persimilis* fue más eficiente en la variedad Ojo de Toro que en la variedad Virginia. Además redujo el daño por *T. urticae* pero no evitó la reducción del contenido de clorofila por el fitófago.

Palabras clave: porcentaje de daño, control biológico, depredador-presa, depredación.

INTRODUCCIÓN

Los ornamentales del género *Rosa* L. (Rosales: Rosaceae) se producen en todo el mundo (Chow *et al.*, 2009) y en muchas zonas las pérdidas en cantidad y calidad causadas por *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) son considerables. Esto ha aumentado los costos de producción y ha reducido las posibilidades de exportación por el aspecto estético de la flor cortada y, por lo tanto, disminuye la captación de recursos (Otero, 2002). Por esta razón, *T. urticae* es una de las plagas más importantes en ornamentales en invernadero (Otero, 2002; Grbic *et al.*, 2011), principalmente en rosales (Casey *et al.* 2007, Grbic *et al.* 2011). Sin embargo, existen especies de ácaros depredadores utilizados para su control biológico y uno de los más efectivos es *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae), debido a su alta capacidad de depredación (Chacón *et al.*, 2017) y tasa elevada de incremento poblacional, lo que le permite disminuir rápidamente la población de la plaga (Escudero y Ferragut, 2005).

La relación de la calidad de la planta y tasa de crecimiento, y emigración de *T. urticae* (Park y Lee, 2002; Nachman y Zemek, 2002a y 2002b; Reddall *et al.*, 2004) se ha demostrado mediante el control biológico (Nachman y Zemek, 2003; Eisa y Mostafa, 2013), pero se desconocen algunos aspectos como la condición de la planta que pueden incluirse en un análisis. El principal indicador de la condición de la planta es el contenido de clorofila en la hoja (Nachman y Zemek, 2002a) y la remoción de dicha clorofila afectará negativamente la actividad fotosintética y por

After the release of *P. persimilis*, the abundance of *T. urticae* was different in the strata of both varieties. The Ojo de Toro variety had the lowest chlorophyll content. There was no difference in the percentage of damage and the abundance of *P. persimilis* between both varieties. *Phytoseiulus persimilis* was more efficient in the Ojo de Toro variety than in the Virginia variety. It also reduced the damage by *T. urticae* but did not prevent the reduction of chlorophyll content by the phytophagous.

Key words: percentage of damage, biological control, predator-prey, predation.

INTRODUCTION

Ornamentals of the genus *Rosa* L. (Rosales: Rosaceae) are produced worldwide (Chow *et al.*, 2009) and in many areas the losses in quantity and quality caused by *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) are significant. This has increased the production costs and reduced the possibilities of export because of the aesthetic aspect of the cut flower and therefore the capture of resources has diminished (Otero, 2002). Therefore, *T. urticae* is one of the most important pests in greenhouse ornamentals (Otero, 2002, Grbic *et al.*, 2011), mainly in roses (Casey *et al.*, 2007, Grbic *et al.*, 2011). However, there are species of predatory mites used for their biological control and one of the most effective is *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae), due to its high predation capacity (Chacón *et al.*, 2017) and high rate of population increase, which allows it to rapidly decrease the population of the plague (Escudero and Ferragut, 2005).

The relationship of plant quality and growth rate, and migration of *T. urticae* (Park and Lee, 2002, Nachman and Zemek, 2002a and 2002b, Reddall *et al.*, 2004) was demonstrated by biological control (Nachman and Zemek, 2003; Eisa and Mostafa, 2013), but some aspects that could be relevant for analysis are unknown, such as the condition of the plant. The main indicator of the condition of the plant is the content of chlorophyll in the leaf (Nachman and Zemek, 2002a), and the removal of that chlorophyll will negatively affect the photosynthetic activity and therefore reduce the growth of the plant (Tomczyk and Kropczynska, 1985; Park and Lee, 2002).

ende reducirá el crecimiento de la planta (Tomczyk y Kropczynska, 1985; Park y Lee, 2002).

Una técnica no destructiva que permite establecer la condición de la planta mediante la estimación del contenido de clorofila en la hoja es con un medidor de clorofila portátil. Por lo tanto, las hipótesis del estudio fue: *P. persimilis* reduce las poblaciones de *T. urticae* y por ende la clorofila no es afectada. Los objetivos fueron: 1) determinar la susceptibilidad o resistencia de variedades de rosas al ataque de *T. urticae*, 2) determinar la relación entre la condición de la planta y la densidad poblacional de *T. urticae*, 3) conocer el efecto de depredación de *P. persimilis* en el control de *T. urticae* y su eficiencia, y 4) determinar la variedad en la cual se desempeña mejor *P. persimilis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las especies usadas fueron *T. urticae*, *P. persimilis* y dos variedades de rosas (*Rosa* sp.), Ojo de Toro, variedad nueva introducida a México, y Virginia, resistente al ataque de *T. urticae* (Flores-Canales *et al.*, 2011). La colonia de *T. urticae* se inició con ninfas y adultos recolectados en huertas de manzano en la localidad de Huachichil, Municipio de Arteaga, Coahuila. Estos ácaros ya identificados fueron liberados en plantas de frijol crecidas bajo condiciones de invernadero a $27 \pm 4^\circ \text{C}$. Los ácaros depredadores *P. persimilis* fueron proporcionados por la empresa KOPPERT Biological Systems S.A., México.

Para el estudio se sembraron 10 plantas por variedad a una distancia de 10 cm en una cama para siembra de 60 cm $\times$ 9 m y como sustrato fue tierra negra. Las plantas se fertilizaron con N-P-K, por 75 semanas, una vez por semana, con fosfato monoamónico (12-61-0) (36.10 g), nitrato de amonio (12-00-46) (35.16 g), y urea (46-00-00) (13.75 g) diluido en 20 L de agua; en la semana siguiente no se fertilizó para evitar efecto de los macroelementos sobre *T. urticae* (Najafabadi *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2012). Veinticinco días antes de la infestación se aplicó el insecticida Dibrol® 2.5 CE (Deltametrina: (S)-alfa-ciano-3-fenoxibencil (1R, 3R)-3-(2,2-dibromovinil)-2,2-dimetil ciclopropanocarboxilato), con 1 mL L⁻¹ de agua, para prevenir la presencia de plagas como: *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). El estudio se efectuó a $27 \pm 4^\circ \text{C}$ y HR de $60 \pm 15\%$.

Diecinueve meses después de la siembra (76 semanas), se realizó una infestación inducida en forma aleatoria con 100

A non-destructive technique that allows establishing the condition of the plant by estimating the content of chlorophyll in the leaf is with a portable chlorophyll meter. Thus the study hypothesis was: *P. persimilis* reduces the populations of *T. urticae*, so chlorophyll is not affected. The objectives were: 1) to determine the susceptibility or resistance of rose varieties to the attack of *T. urticae*, 2) determine the relationship between the condition of the plant and the population density of *T. urticae*, 3) know the predation effect of *P. persimilis* in the control of *T. urticae* and its efficiency, and 4) determine the variety in which *P. persimilis* performs best.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in the facilities of the Department of Parasitology of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University in Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. The species used were *T. urticae*, *P. persimilis* and two varieties of rose (*Rosa* sp.), Ojo de Toro, a new variety introduced in Mexico, and Virginia, resistant to the attack of *T. urticae* (Flores-Canales *et al.*, 2011). The colony of *T. urticae* started with nymphs and adults collected in apple orchards in the town of Huachichil, Municipality of Arteaga, Coahuila. We released these mites in bean plants grown under greenhouse conditions at $27 \pm 4^\circ \text{C}$. Predatory *P. persimilis* mites were provided by KOPPERT Biological Systems S.A., Mexico.

We sowed 10 plants per variety at a distance of 10 cm in a sowing bed of 60 cm $\times$ 9 m and used black earth as substratum. The plants were fertilized with NPK for 75 weeks once a week, with monoammonium phosphate (12-61-0) (36.10 g), ammonium nitrate (12-00-46) (35.16 g), and urea (46-00-00) (13.75 g) diluted in 20 L of water; in the following week we did not apply fertilizer to avoid the effect of the macroelements on *T. urticae* (Najafabadi *et al.*, 2011, Ribeiro *et al.*, 2012). Twenty-five days before the infestation, we applied the insecticide Dibrol® 2.5 CE (Deltamethrin: (S)-alpha-cyano-3-phenoxybenzyl (1R, 3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate), with 1 mL L⁻¹ of water, to prevent the presence of pests such as: *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), and *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). The study was carried out at $27 \pm 4^\circ \text{C}$ and HR of $60 \pm 15\%$.

Nineteen months after sowing (76 weeks), we conducted a randomly induced infestation with 100 freshly matched *T. urticae* adult females per plant; a week later we sampled the population of this mite in three leaflets per stratum (upper, middle and lower) by variety, and we immediately released 12 adult females of *P. persimilis* per plant (4 females per stratum:

hembras adultas de *T. urticae* recién apareadas por planta, una semana después se realizó un muestreo de la población de este ácaro en tres foliolos por estrato (superior, medio e inferior) por variedad, y de inmediato se liberaron 12 hembras adultas de *P. persimilis* por planta (4 hembras por estrato: superior, medio e inferior). El número de fitoseidos liberados fue de acuerdo con la densidad de *T. urticae* liberada y al consumo promedio de *P. persimilis* (aproximadamente ocho individuos en 20 h; Argüelles *et al.*, 2013). La densidad del depredador se ajustó multiplicando la densidad a liberar, la cual es la relación depredador-presa determinada mediante la tasa máxima de consumo de la respuesta funcional, por el porcentaje de mortalidad 7 % (Hilarión *et al.*, 2008); y 7 d después se iniciaron los muestreos poblacionales de *T. urticae* y *P. persimilis* por estrato/variedad, respectivamente, y después se realizaron cada semana observando tres foliolos por estrato en tres plantas aleatorias por muestra por variedad. El conteo se realizó con una lupa de 30X.

Para determinar el contenido de clorofila se usó un SPAD 502 (Konica Minolta, Osaka, Japón) y el equipo LI3100C (LICOR Biosciences, EUA) para medir el área foliar. El índice de daño (IDF) fue estimado visualmente para cada foliolo usando una escala arbitraria de 0 (sin daño o 0 % daño) a 5 (marca densa o marchitez por consumo de todo el foliolo (81 a 100 % de daño; Hussey y Parr, 1963; Nachman y Zemek, 2002a).

Diseño experimental

El diseño experimental se estableció en dos partes y la primera fue de una vía. Los efectos de *T. urticae* se analizaron en ausencia del depredador mediante las variables contenido de clorofila en unidades SPAD cm^{-2} , porcentaje de daño cm^{-2} y número de ácaros cm^{-2} en las plantas de rosál. Tres muestras se realizaron por estrato (superior, medio e inferior) por variedad de rosál por semana. La segunda parte fue un diseño de medidas repetidas en el cual se analizaron las mismas variables más el efecto de la liberación de *P. persimilis*. Una planta de rosál se consideró como unidad experimental en la cual se analizaron los efectos de la liberación de *T. urticae* y *P. persimilis*. En total se analizaron 72 muestras por variedad.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en tres etapas: 1) antes de la liberación de *P. persimilis*, 2) después de la liberación de *P. persimilis* y, 3) regresiones simples lineales y múltiples y no lineales. En la etapa 1 se realizó un ANDEVA de una vía para comparar variedad y estrato de la planta con mayor resistencia a *T. urticae*, mayor porcentaje de daño y menor contenido de clorofila causado por *T. urticae*. Los datos se analizaron mediante PROC

upper, middle and lower). The number of phytoseiids released was in accordance with the density of *T. urticae* released and the average consumption of *P. persimilis* (approximately eight individuals in 20 h, Argüelles *et al.*, 2013). We adjusted the density of the predator by multiplying the density to be released, which is the predator-prey ratio determined by the maximum consumption rate of the functional response, by the mortality percentage of 7 % (Hilarión *et al.*, 2008); and 7 d later we started the population samples of *T. urticae* and *P. persimilis* by stratum/variety, respectively, and then we did them each week observing three leaflets per stratum in three random plants per sample per variety. The count was made with a 30X magnifying glass.

To determine the chlorophyll content, we used SPAD 502 (Konica Minolta, Osaka, Japan) and LI3100C (LICOR Biosciences, USA) to measure the leaf area. The damage index (IDF) was visually estimated for each leaflet using an arbitrary scale of 0 (no damage or 0 % damage) to 5 (dense mark or wilt per whole leaflet consumption (81 to 100 % damage; Hussey and Parr, 1963; Nachman and Zemek, 2002a).

Experimental design

We established the experimental design in two parts and the first one was one way. We analyzed the effects of *T. urticae* in the absence of the predator by using the variables chlorophyll content in SPAD cm^{-2} units, percentage of damage cm^{-2} and number of mites cm^{-2} in rose plants. We collected three samples per stratum (upper, middle and lower) per variety of rosebush per week. The second part was a design of repeated measurements in which we analyzed the same variables plus the effect of the release of *P. persimilis*. We considered a rose plant as an experimental unit where we analyzed the effects of the release of *T. urticae* and *P. persimilis*. In total, we analyzed 72 samples per variety.

Statistical analysis

The statistical analysis was carried out in three stages: 1) before the release of *P. persimilis*, 2) after the release of *P. persimilis*, and 3) simple linear and multiple and non-linear regressions.

In stage 1, we performed one-way ANOVA to compare the variety and stratum of the plant with greater resistance to *T. urticae*, higher percentage of damage and lower chlorophyll content caused by *T. urticae*. Data were analyzed by using PROC GLM and to separate the means we applied the test of significant minimum differences ($p \leq 0.05$).

Stage 2 comprised two parts: 1) to determine significant differences by stratum per variety, we applied the repeated measurements ANOVA (ANOVA_{rm}) for the variables *T. urticae* cm^{-2} , percentage of damage cm^{-2} and the amount of chlorophyll

GLM y para separar las medias se aplicó la prueba de diferencias mínimas significativas ($p \leq 0.05$).

La etapa 2 se efectuó en dos partes: 1) para determinar diferencias significativas por estrato por variedad, se realizó el ANDEVA de medidas repetidas (ANDEVAmr) para las variables *T. urticae* cm⁻², porcentaje de daño cm⁻² y la cantidad de clorofila en unidades SPAD cm⁻², *P. persimilis* cm⁻²; 2) se realizó un ANDEVAmr para determinar diferencias significativas entre variedades y estratos respecto a las variables antes mencionadas. Las partes 1 y 2 incluyen las ocho semanas de observación de *P. persimilis*. El factor de medidas repetidas fue ocho semanas de muestreo. Los datos se analizaron mediante PROC MIXED y para separar las medias de las variables se aplicó la prueba de diferencias mínimas significativas ($p \leq 0.05$), SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

En la etapa 3 se ajustaron varios modelos de regresión lineal simple, múltiple y cuadrática entre las variables: número de *T. urticae* cm⁻², porcentaje de daño cm⁻², cantidad de clorofila (unidades SPAD) cm⁻² (y) y el tiempo de exposición de las plantas ante *T. urticae* (x). El método de Pearson se utilizó para medir la asociación entre las variables. El PROC GLM de SAS versión 9.0 (SAS, 2002) se usó para estimar los parámetros y sus desviaciones estándares mediante regresión; para estimar el grado de asociación mediante el método de Pearson se utilizó PROC CORR PEARSON. Las pruebas de t-Student y F se usaron para la prueba de significancia de los modelos ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo a la liberación de *Phytoseiulus persimilis*

Por estrato

En la variedad Virginia se observaron diferencias significativas en la abundancia de *T. urticae* ($F_{2,6} = 10.73$, $p \leq 0.01$), pero no en contenido de clorofila ni en el porcentaje de daño ($F_{2,6} = 1.32$, $p > 0.05$; $F_{2,6} = 0.43$, $p > 0.05$). Ojo de Toro presentó diferencias en el porcentaje de daño ($F_{2,6} = 8.42$, $p \leq 0.05$), pero no en la abundancia de *T. urticae* ($F_{2,6} = 0.13$, $p > 0.05$) y el contenido de clorofila ($F_{2,6} = 0.09$, $p > 0.05$) (Cuadro 1). Virginia, el contenido de clorofila y el porcentaje de daño por estrato no presentaron diferencias, lo que indica que *T. urticae* se alimenta y daña a la planta con la misma intensidad, independientemente de la posición que tenga en la planta, pero en Ojo de Toro el fitófago dañó más el estrato inferior. El mayor porcentaje de daño fue causado por un número menor de fitófagos comparados donde se observaron más (Cuadro 1).

in SPAD cm⁻² units, *P. persimilis* cm⁻²; and 2) we carried out an ANOVAmr to determine significant differences between varieties and strata with respect to the afore mentioned variables. Parts 1 and 2 include the eight weeks of observation of *P. persimilis*. The repeated measurements factor was eight weeks of sampling. Data were analyzed by using PROC MIXED and to separate the means from the variables we applied the minimum significant differences test ($p \leq 0.05$), SAS version 9.0 (SAS, 2002).

In stage 3, we adjusted several simple, multiple and quadratic linear regression models between the variables: number of *T. urticae* cm⁻², percentage of damage cm⁻², amount of chlorophyll (SPAD units) cm⁻² (y) and the exposure time of the plants to *T. urticae* (x). We used the Pearson method to measure the association between the variables. The GLM PROC of SAS version 9.0 (SAS, 2002) was used to estimate the parameters and their standard deviations by regression; to estimate the degree of association using Pearson's method we utilized PROC CORR PEARSON; and the t-Student and F tests for the significance test of the models ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Prior to the release of *Phytoseiulus persimilis*

Per stratum

In the Virginia variety, we observed significant differences in the abundance of *T. urticae* ($F_{2,6} = 10.73$, $p \leq 0.01$), but not in the chlorophyll content or in the percentage of damage ($F_{2,6} = 1.32$, $p > 0.05$; $F_{2,6} = 0.43$, $p > 0.05$). Ojo de Toro presented differences in the percentage of damage ($F_{2,6} = 8.42$, $p \leq 0.05$), but not in the abundance of *T. urticae* ($F_{2,6} = 0.13$, $p > 0.05$) and the chlorophyll content ($F_{2,6} = 0.09$, $p > 0.05$) (Table 1). In Virginia, the chlorophyll content and the percentage of damage by stratum showed no differences, which indicates that *T. urticae* feeds and damages the plant with the same intensity, regardless of the position it has in the plant, but in Ojo de Toro the phytophagous damaged the lower stratum more. The highest percentage of damage was caused by a lower number of compared phytophages where we detected more of them (Table 1).

Per variety and between them

The differences between varieties were significant with respect to the abundance of *T. urticae* ($F_{1,16} = 17.54$, $p \leq 0.01$), but not with

Cuadro 1. Promedio de *Tetranychus urticae* cm⁻², contenido de clorofila en unidades SPAD cm⁻² y porcentaje de daño cm⁻² en dos variedades de rosal.**Table 1. Average of *Tetranychus urticae* cm⁻², chlorophyll content in SPAD cm⁻² units and percentage of damage cm⁻² in two varieties of rose.**

Estrato	<i>T. urticae</i> cm ⁻²		Cantidad de clorofila cm ⁻²		Porcentaje de daño cm ⁻²	
	Ojo de Toro	Virginia	Ojo de Toro	Virginia	Ojo de Toro	Virginia
Superior	0.83 ^{a*}	2.86 ^b	3.69 ^a	3.63 ^a	0.29 ^c	2.25 ^a
Medio	0.95 ^a	1.61 ^b	4.66 ^a	3.07 ^a	1.75 ^b	1.33 ^a
Inferior	0.65 ^a	4.52 ^a	3.85 ^a	3.88 ^a	3.18 ^a	3.07 ^a
General	0.81 ^{B**}	2.99 ^A	4.07 ^Y	3.52 ^Z	1.74 ^Q	2.22 ^Q

*Medias con diferente letra en un renglón son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). ** Medias con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). ♦ *Means with different letter in a line are statistically different ($p \leq 0.05$). ** Means with different letter in a column are statistically different ($p \leq 0.05$).

Por y entre variedad

Las diferencias entre variedades fueron significativas con respecto a la abundancia de *T. urticae* ($F_{1,16}=17.54$, $p \leq 0.01$), pero no en la cantidad de clorofila ($F_{1,16}=1.68$; $p > 0.05$) ni en el porcentaje de daño ($F_{1,16}=0.30$, $p > 0.05$; Cuadro 1), probablemente por el promedio de ácaros cm⁻² que presentaron las variedades. Según Poskuta *et al.* (1975), *T. urticae* no influyó sobre el contenido de clorofila a o b en fresas variedad Talisman con densidades de hasta 4 ácaros cm⁻²; además, Bounfour *et al.* (2002) no observaron diferencias significativas entre el número de *T. urticae* y el contenido de clorofila en hojas de frambuesa roja, aunque las mediciones de fluorescencia indicaron una interrupción del aparato fotosintético.

El número de *T. urticae* cm⁻² sobre las variedades de rosal fue estadísticamente diferente, lo cual se puede atribuir a las condiciones que involucran aspectos químicos, nutritivos, físicos como pubescencia, resistencia de los tejidos, estructura superficial de las hojas, superficie disponible para cada individuo y los metabolitos secundarios de las plantas (Agrawal, 2000; Balkema-Boomstra *et al.*, 2003; Biswas *et al.*,

respect to chlorophyll ($F_{1,16}=1.68$, $p > 0.05$) nor in the percentage of damage ($F_{1,16}=0.30$, $p > 0.05$; Table 1), probably due to the average mite cm⁻² presented by the varieties. According to Poskuta *et al.* (1975), *T. urticae* did not influence the content of chlorophyll a or b in the strawberries of the Talisman variety, with densities of up to 4 mites cm⁻². Besides, Bounfour *et al.* (2002) did not observe significant differences between the number of *T. urticae* and the chlorophyll content in red raspberry leaves, though the fluorescence measurements indicated an interruption in the photosynthetic apparatus.

The number of *T. urticae* cm⁻² on the rose varieties was statistically different, which can be attributed to the conditions that involve chemical, nutritive, physical aspects such as pubescence, tissue resistance, surface structure of the leaves, available surface for each individual and the secondary metabolites of the plants (Agrawal, 2000; Balkema-Boomstra *et al.*, 2003; Biswas *et al.*, 2004). These factors can diminish the nutritional quality, reducing digestibility and affecting fertility, growth, population density, survival, development and the mortality of *T. urticae* in its juvenile stages (Peralta and Tello, 2011).

Cuadro 2. Promedios de *Tetranychus urticae* cm⁻², contenido de clorofila en unidades SPAD cm⁻², porcentaje de daño cm⁻² y *Phytoseiulus persimilis* cm⁻² por estrato en dos variedades de rosal.**Table 2. Averages of *Tetranychus urticae* cm⁻², chlorophyll content in SPAD cm⁻² units, percentage of damage cm⁻² and *Phytoseiulus persimilis* cm⁻² per stratum in two varieties of rose.**

Estrato	Ojo de Toro	Virginia	Ojo de Toro	Virginia	Ojo de Toro	Virginia	Ojo de Toro	Virginia
	<i>T. urticae</i> cm ⁻²		Cantidad de clorofila en unidades SPAD cm ⁻²		Porcentaje de daño cm ⁻²		<i>P. persimilis</i> cm ⁻²	
A								
Superior	0.45 ^{b§}	0.31 ^b	3.18 ^a	3.35 ^b	0.28 ^a	0.46 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a
Medio	0.46 ^b	0.29 ^b	3.24 ^a	3.42 ^b	0.46 ^a	0.30 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a
Inferior	1.41 ^a	1.03 ^a	3.62 ^a	4.57 ^a	0.53 ^a	0.27 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a
General	0.77 ^{A§}	0.54 ^A	3.35 ^Y	3.78 ^Z	0.42 ^M	0.34 ^M	0.001 ^Q	0.01 ^Q

§Medias con letra diferentes en un renglón son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). * Medias con letra diferente en una columna son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). ♦ §Means with different letters on a line are significantly different ($p \leq 0.05$). * Means with different letter in a column are significantly different ($p \leq 0.05$).

2004). Estos factores pueden reducir la calidad alimenticia, reduciendo la digestibilidad y afectando a la fertilidad, el crecimiento, la densidad poblacional, la supervivencia, el desarrollo y la mortalidad de los estados juveniles de *T. urticae* (Peralta y Tello, 2011).

Después de la liberación del depredador

Por estrato

Las diferencias fueron significativas entre estratos en ambas variedades con respecto a la abundancia de *T. urticae* ($F_{2,48} = 5.69$, $p \leq 0.01$; $F_{7,48} = 6.85$, $p \leq 0.01$). En Ojo de Toro la cantidad de clorofila no fue diferente por estrato ($F_{2,48} = 1.63$, $p > 0.05$), pero si en Virginia ($F_{2,48} = 5.80$, $p \leq 0.01$). En el porcentaje de daño por *T. urticae* en ambas variedades no se observaron diferencias ($F_{2,48} = 0.77$, $p > 0.05$; $F_{2,48} = 0.21$, $p > 0.05$; Cuadro 2).

Ambas variedades presentaron diferencias significativas durante el estudio con respecto a la abundancia de *T. urticae* con presencia del depredador ($F_{2,48} = 2.57$, $p \leq 0.05$; $F_{7,48} = 8.28$, $p \leq 0.01$). En Ojo de Toro el contenido de clorofila no fue diferente ($F_{7,48} = 2.08$, $p > 0.05$). Mientras que en Virginia se observaron diferencias en la cantidad de clorofila ($F_{7,48} = 2.88$, $p \leq 0.01$). Respecto al porcentaje de daño se encontraron diferencias durante las ocho semanas en la variedad Ojo de Toro ($F_{7,48} = 5.30$, $p \leq 0.01$), pero no en Virginia ($F_{7,48} = 1.04$, $p > 0.05$) (Cuadro 3).

After the release of the predator

Per stratum

Differences were significant between strata in both varieties with respect to the abundance of *T. urticae* ($F_{2,48} = 5.69$, $p \leq 0.01$, $F_{7,48} = 6.85$, $p \leq 0.01$). In Ojo de Toro the amount of chlorophyll was not different by stratum ($F_{2,48} = 1.63$, $p > 0.05$); whereas in Virginia there were differences ($F_{2,48} = 5.80$, $p \leq 0.01$). In the percentage of damage by *T. urticae* in both varieties no differences were observed ($F_{2,48} = 0.77$, $p > 0.05$, $F_{2,48} = 0.21$, $p > 0.05$ (Table 2).

After the release of the predator, both varieties showed significant differences with respect to the abundance of *T. urticae* ($F_{2,48} = 2.57$, $p \leq 0.05$, $F_{7,48} = 8.28$, $p \leq 0.01$). In Ojo de Toro the chlorophyll content was not different ($F_{7,48} = 2.08$, $p > 0.05$). While in Virginia we observed differences in the amount of chlorophyll ($F_{7,48} = 2.88$, $p \leq 0.01$). Regarding the percentage of damage, we found differences during the eight weeks in the Ojo de Toro variety ($F_{7,48} = 5.30$, $p \leq 0.01$), but not in Virginia ($F_{7,48} = 1.04$, $p > 0.05$) (Table 3).

After the release of the phytoseiids, we observed the highest average of chlorophyll and the number of *T. urticae* cm⁻² in the lower stratum in both varieties, which indicates that the phytophagous seeks the best conditions such as food quality.

Cuadro 3. Promedios de *Tetranychus urticae* cm⁻², contenido de clorofila en unidades SPAD cm⁻², porcentaje de daño cm⁻² y *Phytoseiulus persimilis* cm⁻² por semanas en dos variedades de rosal.**Table 3. Averages of *Tetranychus urticae* cm⁻², chlorophyll content in SPAD cm⁻² units, percentage of damage cm⁻² and *Phytoseiulus persimilis* cm⁻² per week in two varieties of rose.**

Semana	Ojo de Toro	Virginia	Ojo de Toro	Virginia	Ojo de Toro	Virginia	Ojo de Toro	Virginia
	<i>T. urticae</i> cm ⁻²		Cantidad de clorofila en unidades SPAD cm ⁻²		Porcentaje de daño cm ⁻²		<i>P. persimilis</i> cm ⁻²	
1	1.60a [§]	2.09 ^a	4.11 ^a	4.25 ^{ab}	0.38 ^b	0.58 ^a	0.01 ^a	0.00 ^a
2	1.37 ^{ab}	1.29 ^b	3.58 ^a	3.83 ^{abc}	0.13 ^b	1.01 ^a	0.00 ^a	0.01 ^a
3	1.12 ^{ab}	0.55 ^{bc}	3.55 ^a	3.66 ^{bc}	0.018 ^b	0.02 ^a	0.01 ^a	0.00 ^a
4	1.03 ^{ab}	0.25 ^c	3.38 ^a	4.41 ^{ab}	0.08 ^b	0.57 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a
5	0.60 ^{ab}	0.06 ^c	3.37 ^a	5.08 ^a	0.17 ^b	0.00 ^a	0.01 ^a	0.02 ^a
6	0.45 ^{ab}	0.10 ^c	3.18 ^a	3.31 ^{bc}	1.49 ^a	0.21 ^a	0.02 ^a	0.01 ^a
7	0.01 ^b	0.00 ^c	2.80 ^a	2.85 ^c	1.11 ^a	0.35 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
8	0.00 ^b	0.00 ^c	2.78 ^a	2.81 ^c	0.00 ^c	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

[§]Medias con diferente letra en un renglón son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). ♦ [§]Means with different letters on a line are significantly different ($p \leq 0.05$).

Después de la liberación de los fitoseidos, el mayor promedio de clorofila y el número de *T. urticae* cm⁻² se observó en el estrato inferior en ambas variedades, lo que indica que el fitófago busca las mejores condiciones tales como calidad del alimento.

Entre variedades

Entre variedades no se encontraron diferencias significativas en la abundancia de *T. urticae* ($F_{1,96} = 2.00$, $p > 0.05$), ni entre estratos durante las ocho semanas ($F_{2,96} = 0.21$, $p > 0.05$). Sin embargo, en el contenido de clorofila si se observaron diferencias entre variedades ($F_{1,96} = 4.78$, $p \leq 0.05$), pero no entre estratos ($F_{2,96} = 1.75$, $p > 0.05$). Mientras que, el porcentaje de daño no fue diferente entre variedades ($F_{1,96} = 0.26$, $p > 0.05$), y estratos ($F_{2,96} = 0.76$, $p > 0.05$) (Cuadro 2).

Con respecto al número de *P. persimilis* cm⁻², en ambas variedades no se observaron diferencias significativas por estratos ($F_{2,48} = 0.59$; $p > 0.05$; $F_{2,48} = 0.10$, $p > 0.05$), tampoco respecto a la abundancia de *P. persimilis* cm⁻² ($F_{7,96} = 0.11$, $p > 0.05$) (Cuadro 2), y de igual manera en la abundancia del fitoseido en las ocho semanas ($F_{7,48} = 1.07$, $p > 0.05$; $F_{7,48} = 0.78$, $p > 0.05$) (Cuadro 3). En el estudio se observó menor abundancia del depredador comparada con lo reportado por Nachman y Zemeck (2003) y Eisa y Mostafa (2013). Las plantas posiblemente afectan positiva y negativamente al ácaro depredador

Among varieties

Among varieties, no significant differences were found in the abundance of *T. urticae* ($F_{1,96} = 2.00$, $p > 0.05$), nor among strata during the eight weeks ($F_{2,96} = 0.21$, $p > 0.05$). However, in the chlorophyll content we observed differences between varieties ($F_{1,96} = 4.78$, $p \leq 0.05$), but not between strata ($F_{2,96} = 1.75$, $p > 0.05$); while the percentage of damage was not different between varieties ($F_{1,96} = 0.26$, $p > 0.05$), and strata ($F_{2,96} = 0.76$, $p > 0.05$) (Table 2).

Regarding the number of *P. persimilis* cm⁻² in both varieties, we observed no significant differences between strata ($F_{2,48} = 0.59$, $p > 0.05$, $F_{2,48} = 0.10$, $p > 0.05$); neither with respect to the abundance of *P. persimilis* cm⁻² ($F_{7,96} = 0.11$, $p > 0.05$) (Table 2). Similarly in the phytoseiid abundance in the eight weeks ($F_{7,48} = 1.07$, $p > 0.05$, $F_{7,48} = 0.78$, $p > 0.05$) (Table 3). In addition, we found lower predator abundance compared to that reported by Nachman and Zemeck (2003) and Eisa and Mostafa (2013). The plants possibly positively and negatively affect the predatory mite directly or indirectly (Dicke and Sabelis, 1988). In this respect, Vázquez et al. (2008) mentioned that the host plants and the refuge also affect the predator; while De Bach (1964) reported that semiochemicals influence the predator in its establishment. These factors probably influenced the population of *P. persimilis*, since in both varieties the averages were similar.

directamente o indirectamente (Dicke y Sabelis, 1988). Al respecto Vázquez *et al.* (2008) mencionan que las plantas hospederas y el refugio también afectan al depredador. Mientras que De Bach (1964) reportó que los semioquímicos influyen en el depredador para su establecimiento. Estos factores probablemente influyeron sobre la población de *P. persimilis*, ya que en ambas variedades los promedios fueron similares.

Asociación

Variedad Ojo de Toro

El contenido de clorofila, porcentaje de daño (correlación parcial $r = -0.2384$, $p \leq 0.05$) y el número de *T. urticae* se correlacionaron negativamente con el tiempo de exposición de la planta al ácaro *T. urticae* (Figura 1). Lo que indica que las variables cuantificadas disminuyen con el paso del tiempo (Figura 1A, 1B y 1C).

Hubo una asociación entre el contenido de clorofila en unidades SPAD cm^{-2} , y el tiempo de exposición de la planta al ácaro *T. urticae* x_1 y el número de ácaros por cm^2 x_2 :

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de clorofila (unidades SPAD)/cm}^{-2} &= 3.7614 \\ (\text{DE}=0.2098) - 0.1290 (\text{DE}=0.03897)x_1 &+ 0.2374 \\ (\text{DE}=0.827)x_2 \end{aligned}$$

El valor de R^2 (0.2747; $F_{2,78}=14.77$; $p \leq 0.01$) indicó que el 27.47 % de la variación en la cantidad de clorofila en unidades SPAD cm^{-2} se encontró asociado con el tiempo de exposición de la planta a *T. urticae* y el número de ácaros por cm^2 . El factor más importante fue el tiempo de exposición x_1 ($F_{1,78}=11.08$; $p \leq 0.01$) seguido por el número de *T. urticae* por cm^2 x_2 ($F_{1,78}=8.23$; $p \leq 0.01$). El modelo de regresión múltiple no arrojó alguna dependencia significativa entre el porcentaje de daño y el tiempo de exposición de la planta a *T. urticae* y el número de ácaros por cm^2 ($R^2=0.0176$, $F_{2,78}=0.70$, $p > 0.05$). El número de fitófagos se correlacionó positivamente con la cantidad de clorofila (Figura 2), lo que indica que *T. urticae* busca mayor alimentación (Figura 2A), pero no así con el porcentaje de daño por cm^2 (Figura 2B).

Association

The Ojo de Toro variety

The chlorophyll content, percentage of damage (partial correlation $r = -0.2384$, $p \leq 0.05$) and the number of *T. urticae* were negatively correlated with the exposure time of the plant to the *T. urticae* mite (Figure 1). This indicates that the quantified variables decrease with the passage of time (Figure 1A, 1B and 1C).

There was an association between the chlorophyll content in SPAD cm^{-2} units, and the exposure time of the plant to the *T. urticae* mite and the number of mites per cm^2 x_2 :

$$\begin{aligned} \text{Amount of chlorophyll (SPAD units)/cm}^{-2} &= 3.7614 \\ (\text{DE}=0.2098) - 0.1290 (\text{DE}=0.03897)x_1 &+ 0.2374 \\ (\text{DE}=0.0827)x_2 \end{aligned}$$

The value of R^2 (0.2747; $F_{2,78}=14.77$; $p \leq 0.01$) indicated that 27.47 % of the variation in the amount of chlorophyll in SPAD cm^{-2} units was found associated with the time of exposure of the plant to *T. urticae* and the number of mites per cm^2 . The most important factor was the exposure time (x_1) ($F_{1,78}=11.08$; $p \leq 0.01$) followed by the number of *T. urticae* per cm^2 (x_2) ($F_{1,78}=8.23$; $p \leq 0.01$). The multiple regression model did not show any significant dependence between the percentage of damage and the time of exposure of the plant to *T. urticae* and the number of mites per cm^2 ($R^2=0.0176$, $F_{2,78}=0.70$, $p > 0.05$). The number of phytophages correlated positively with the amount of chlorophyll (Figure 2), which indicates that *T. urticae* looks for more food (Figure 2A), but not with the percentage of damage per cm^2 (Figure 2B).

The Virginia variety

The correlation between the content of chlorophyll SPAD cm^{-2} units ($r = -0.2355$, $p \leq 0.05$), the percentage of damage per cm^2 , the number of phytophages cm^{-2} and the exposure time of the plant to *T. urticae* were negative and significant (Figure 1D, 1E, and 1F). This indicates that the variables decrease over time.

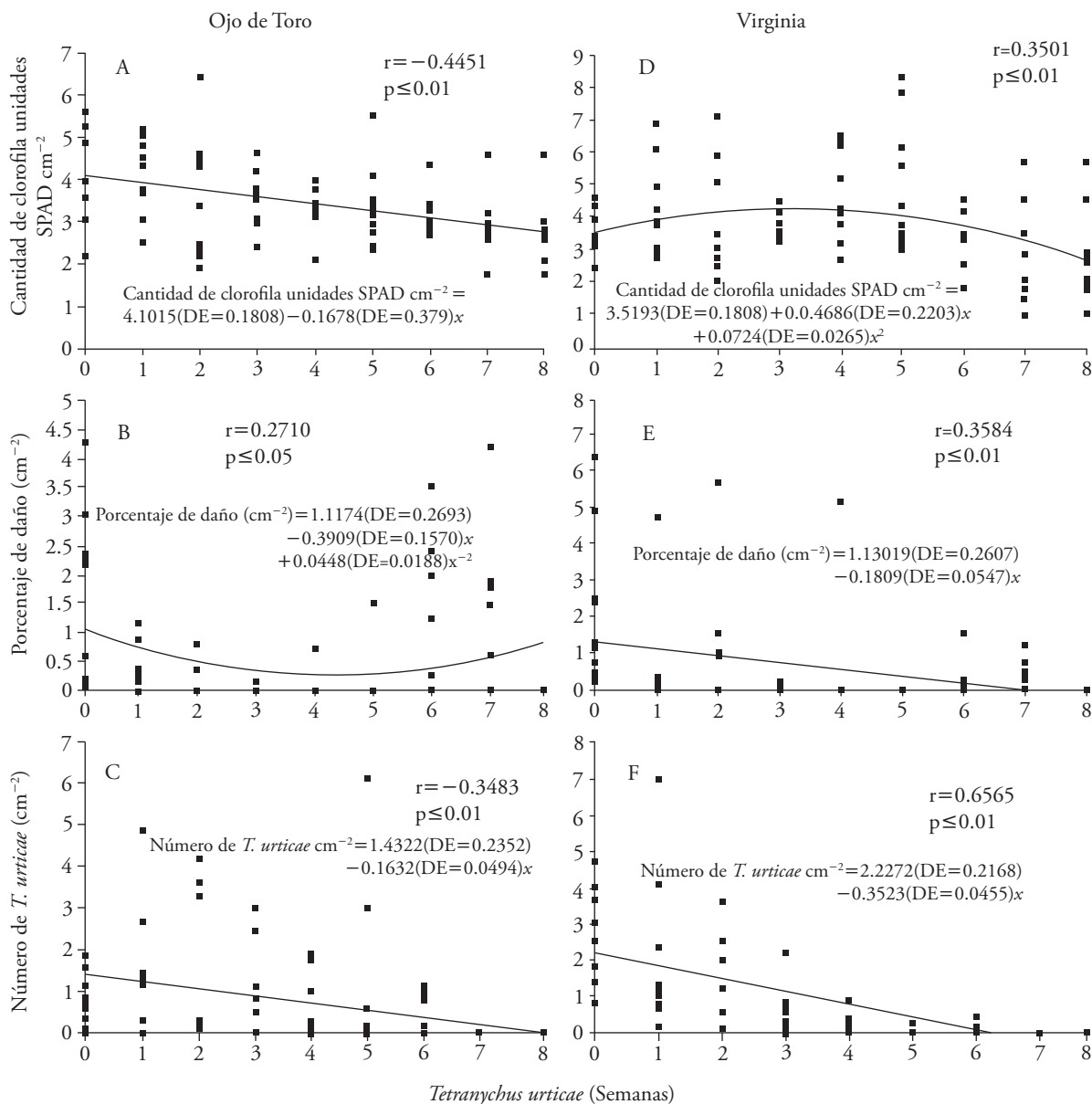


Figura 1. Relación entre el número de semanas (x) en que las plantas fueron expuestas a *T. urticae* y la cantidad de clorofila en unidades SPAD cm^{-2} , daño causado y número de *T. urticae* cm^{-2} .

Figure 1. Relationship between the number of weeks (x) in which the plants were exposed to *T. urticae* and the amount of chlorophyll in SPAD cm^{-2} units, damage caused and number of *T. urticae* cm^{-2} .

Variedad Virginia

La correlación entre el contenido de clorofila unidades SPAD cm^{-2} ($r = -0.2355$, $p \leq 0.05$), el porcentaje de daño por cm^2 , el número de fitófagos cm^{-2} y el tiempo de exposición de la planta a *T. urticae* fueron negativas y significativas (Figura 1D, 1E, y 1F). Esto indica que las variables decrecen con el transcurso del tiempo.

The multiple regression showed a relationship between the chlorophyll content in SPAD cm^{-2} units and the number of mites per cm^2 (x_1) and the exposure time of the plant to *T. urticae* (x_2).

Content of chlorophyll SPAD cm^{-2} units = 2.5529 ($\text{DE}=0.6042$) + 0.3272 ($\text{DE}=0.1615$) x_1 + 0.7876 ($\text{DE}=0.2673$) x_2 - 0.0979 ($\text{DE}=0.0288$) x_2^2 ($R^2=0.1670$; $F_{3,77}=5.15$; $p \leq 0.01$).

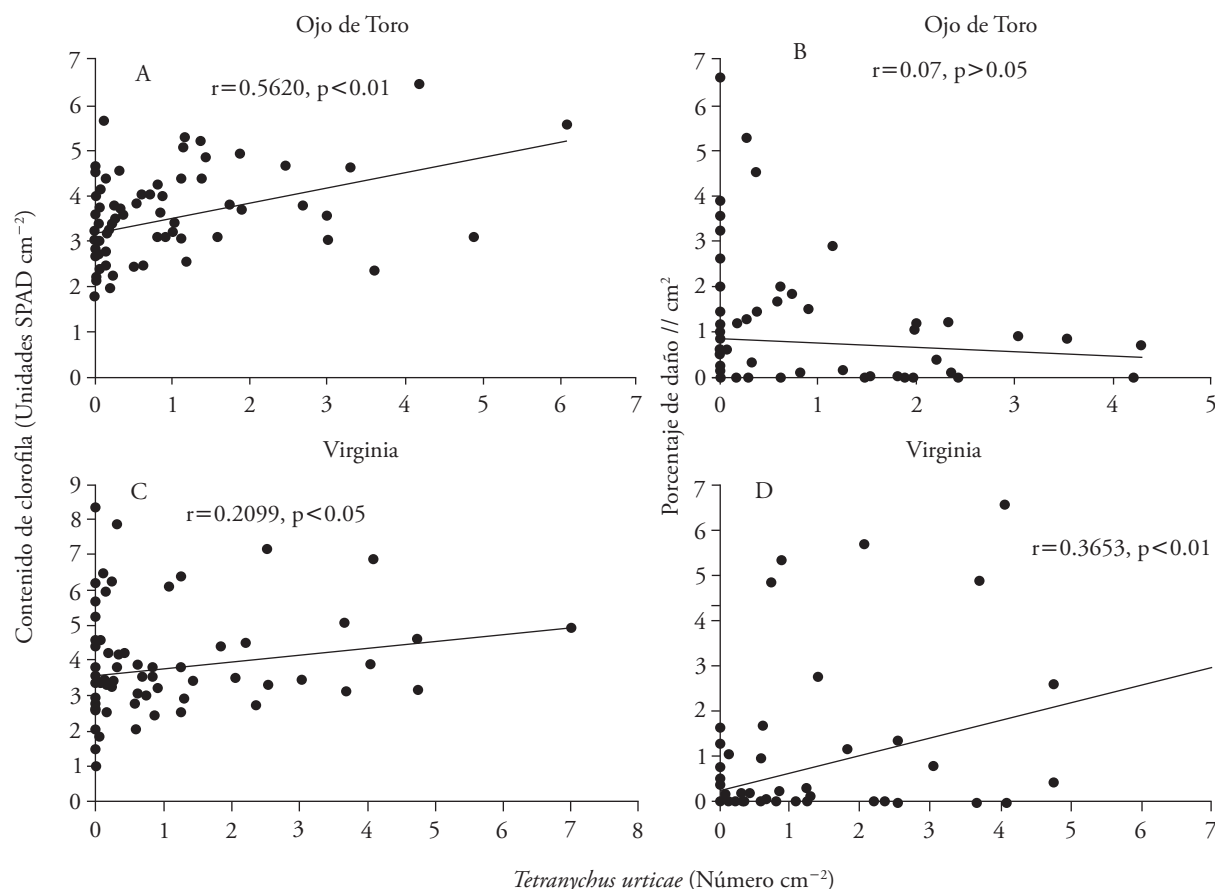


Figura 2. Relación entre la cantidad de clorofila cm⁻², porcentaje de daño cm⁻² y *Tetranychus urticae* (Número cm⁻²) en dos variedades de rosal.

Figure 2. Relationship between the amount of chlorophyll cm⁻², percentage of damage cm⁻² and *Tetranychus urticae* (Number cm⁻²) in two varieties of rose.

La regresión múltiple arrojó una relación entre el contenido de clorofila en unidades SPAD cm⁻² y el número de ácaros por cm² (x_1) y el tiempo de exposición de la planta a *T. urticae* (x_2).

Contenido de clorofila (unidades SPAD)/cm⁻² = 2.5529
(DE=0.6042) + 0.3272 (DE=0.1615) x_1 + 0.7876
(DE=0.2673) x_2 - 0.0979 (DE=0.0288) x_2^2 ($R^2=0.1670$;
 $F_{3,77}=5.15$; $p\leq 0.01$).

El factor más importante fue el tiempo de exposición al cuadrado x_2^2 ($F_{1,77}=11.51$; $p\leq 0.01$) seguido por el tiempo de exposición x_2 ($F_{1,77}=8.68$; $p\leq 0.01$) y por último el número de ácaros por cm² x_1 ($F_{1,77}=4.10$; $p\leq 0.05$).

El número de fitófagos se correlacionó positivamente con la cantidad de clorofila y el porcentaje de daño (Figura 2), lo que indica que el ácaro de dos

The most important factor was the time of exposure to the square x_2^2 ($F_{1,77}=11.51$, $p\leq 0.01$) followed by the exposure time x_2 ($F_{1,77}=8.68$, $p\leq 0.01$) and finally the number of mites per cm² x_1 ($F_{1,77}=4.10$; $p\leq 0.05$).

The number of phytophages correlated positively with the amount of chlorophyll and the percentage of damage (Figure 2), which indicates that the two-spotted mite seeks leaves of better nutritional quality (Figure 2A), and the greater the number of mites bigger is the damage (Figure 2D).

The association between the amount of chlorophyll and the damage index in both varieties was not significant ($r=-0.637$, $p>0.05$ and $r=-0.1076$, $p>0.05$). No linear association was found between the variables, number of *P. persimilis* cm⁻² and the number of phytophages cm⁻² in both varieties ($r=-0.0331$, $p>0.05$, $r=-0.0053$, $p>0.05$).

manchas busca hojas de mejor calidad nutricional (Figura 2A), y que a mayor número de ácaros mayor es el daño (Figura 2D).

La asociación entre la cantidad de clorofila y el índice de daño en ambas variedades fue no significativa ($r = -0.637$, $p > 0.05$ y $r = -0.1076$, $p > 0.05$). No se encontró una asociación lineal entre las variables, número de *P. persimilis* cm^{-2} y el número de fitófagos cm^{-2} para ambas variedades ($r = -0.0331$, $p > 0.05$; $r = -0.0053$, $p > 0.05$).

Los resultados obtenidos coinciden con los de Tomczyk y Kropczynska (1985), quienes mostraron que la concentración de componentes bioquímicos (como la clorofila) también puede ser afectada por los hábitos alimenticios de *T. urticae*. Los cambios en las concentraciones de este compuesto también pueden influir sobre la fisiología de las plantas. La disminución del contenido de clorofila en las hojas también se puede atribuir a los cambios en el contenido de cloroplasto de las células adyacentes a las células dañados por los ácaros (Tomczyk y Kropczynska 1985). *Tetranychus urticae* afecta a las plantas de rosal, ya que la clorofila tiene una asociación directa con la fotosíntesis y la productividad de la planta (De Angelis *et al.*, 1983; Iatrou *et al.*, 1995; Haile y Higley, 2003; Reddall *et al.*, 2004). Según Bounfour *et al.* (2002), períodos más largos de alimentación por *T. urticae* resultan en una disminución significativa de la clorofila fluorescente y el contenido de clorofila, como sucedió en nuestro estudio, en el cual se mostró que el contenido de clorofila cm^{-2} y el porcentaje de daño cm^{-2} disminuye con el transcurso del tiempo sobre las plantas expuestas a *T. urticae*. Nachman y Zemek (2002a), encontraron que la asociación principal fue el tiempo en que se expusieron las plantas al ácaro *T. urticae*. En ambas variedades, se observó una relación negativa entre el contenido de clorofila cm^{-2} y el índice de daño, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Nachman y Zemek (2002a). La liberación de *P. persimilis* no presentó ningún beneficio para ambas variedades de rosal, ya que, la disminución del contenido de clorofila cm^{-2} continuó conforme transcurría el tiempo (Figuras 1A y 1D). Contrario a lo reportado por Eisa y Mostafa (2013) quienes registraron en plantas de la vid menores pérdidas de clorofila al liberar dos y cuatro ácaros depredadores *Typhlodromips capsicum* Mostafa por rama, en comparación con plantas infestadas solo de *T. urticae*. Al disminuir el número de *T. urticae* cm^{-2}

The results obtained coincide with those by Tomczyk and Kropczynska (1985), who showed that the concentration of biochemical components (such as chlorophyll) can also be affected by the eating habits of *T. urticae*. Changes in the concentrations of this compound can also influence the physiology of plants. The decrease in chlorophyll content in leaves can also be attributed to changes in the chloroplast content of cells adjacent to cells damaged by mites (Tomczyk and Kropczynska, 1985).

Tetranychus urticae affects rose plants, since chlorophyll has a direct association with photosynthesis and plant productivity (De Angelis *et al.*, 1983, Iatrou *et al.*, 1995, Haile and Higley, 2003, Reddall *et al.*, 2004). According to Bounfour *et al.* (2002), longer periods of feeding by *T. urticae* result in a significant decrease of fluorescent chlorophyll and chlorophyll content, as happened in our study, in which we showed that the chlorophyll content cm^{-2} and the percentage of damage cm^{-2} decrease over time on plants exposed to *T. urticae*. Nachman and Zemek (2002a) found that the main association was the time the plants were exposed to the *T. urticae* mite. In both varieties, a negative relationship was observed between the chlorophyll content cm^{-2} and the damage index, which agrees with the results obtained by Nachman and Zemek (2002a). The release of *P. persimilis* did not benefit the rose varieties, since chlorophyll content cm^{-2} continued decreasing over time (Figures 1A and 1D), contrary to the results reported by Eisa and Mostafa (2013) who recorded less chlorophyll losses in vine plants by releasing two and four predatory mites *Typhlodromips capsicum* Mostafa per branch, in comparison with plants infested only by *T. urticae*. When diminishing the number of *T. urticae* cm^{-2} by the predation of *P. persimilis* cm^{-2} the percentage of damage cm^{-2} in both varieties decreased. Nachman and Zemek (2002b) observed that the plants infested with *P. persimilis* were taller, had less phytophages and showed a lower level of lesions compared to plants without predators. The effect of predators on plants was greater with five phytoseiids than with three.

Results indicate that in the Ojo de Toro variety there is a positive correlation between the content of chlorophyll cm^{-2} and the number of mites cm^{-2} , that is, the phytophagous moves to leaves of higher quality, while in Virginia no significant relationship was found ($p > 0.05$) although the slope was positive.

por la depredación de *P. persimilis* cm^{-2} decreció el porcentaje de daño cm^{-2} en ambas variedades. Nachman y Zemek (2002b) observaron que las plantas infestadas con *P. persimilis* fueron más altas, presentaron menos fitófagos y mostraron un nivel más bajo de lesiones en comparación con las plantas sin depredadores. El efecto de los depredadores fue más pronunciado cuando las plantas se infestaron con cinco fitoseidos que con tres.

Los resultados indican que en la variedad Ojo de Toro, existe una correlación positiva entre el contenido de clorofila cm^{-2} y el número de ácaros cm^{-2} , es decir, el fitófago se mueve a hojas de mayor calidad, mientras que en Virginia no se encontró relación significativa (>0.05) aunque la pendiente fue positiva. Al respecto, Johnson (1983) no encontró ninguna correlación entre el número de *Panonychus ulmi* (Koch) y el contenido de clorofila de hojas de manzano, lo cual se atribuye a que el ácaro se mueve entre las hojas en una forma que no determina la calidad de la hoja. Sances *et al.* (1979a) no encontraron tal relación entre el número de ácaros $\text{d}^{-1} \text{cm}^{-2}$ en un rango de 0 a 50. En la variedad Virginia se observó que entre mayor es el número de ácaros cm^{-2} , mayor es el porcentaje de daño cm^{-2} . Sances *et al.* (1979b) señalan que la principal razón de la reducción del contenido de clorofila probablemente es el daño mecánico de los cloroplastos durante la alimentación del ácaro, la pérdida de la cantidad del contenido de clorofila depende de la especie de ácaro y de la variedad de la planta hospedera; así como la duración del tiempo de alimentación y de la densidad poblacional del fitófago.

En la variedad Virginia se observó que liberando 12 hembras de fitoseidos por planta se controla al fitófago en seis semanas y en Ojo de Toro en ocho semanas. Dado que la movilidad de *P. persimilis* no depende de la densidad de tricomas (Krips *et al.*, 1999) y las hojas de *Rosa* sp. no presentan tricomas, es probable que la respuesta funcional del depredador sea favorecida, porque no existe barrera física que limite la capacidad de búsqueda (Forero *et al.*, 2008). Según Nachman y Zemek (2003), el número inicial de depredadores también tiene una función importante. Estos autores reportaron que tres individuos de *P. persimilis* por planta pueden no ser suficientes para garantizar el control del ácaro *T. urticae* de las cinco semanas después de su liberación. En contraste, cinco depredadores por planta pueden ejercer un

In this regard, Johnson (1983) found no correlation between the number of *Panonychus ulmi* (Koch) and the chlorophyll content of apple leaves, which is attributed to the fact that mites move between the leaves in a way that does not determine the quality of the leaf. Sances *et al.* (1979a) found no relationship between the number of mites $\text{d}^{-1} \text{cm}^{-2}$ in a range of 0 to 50. In the Virginia variety we observed that the higher the number of mites cm^{-2} , greater the percentage of damage cm^{-2} . Sances *et al.* (1979b) pointed out that the main reason for the reduction of the chlorophyll content is probably the mechanical damage of the chloroplasts during mite feeding, the loss of the amount of chlorophyll content that depends on the mite species and the variety of the host plant; as well as the duration of feeding time and the population density of the phytophagous.

In the Virginia variety, we observed that by releasing 12 females of phytoseiids per plant it is possible to control the phytophagous in six weeks, and in Ojo de Toro in eight weeks. Since the mobility of *P. persimilis* does not depend on the density of trichomes (Krips *et al.*, 1999) and the leaves of *Rosa* sp. do not present trichomes, it is likely that the functional response of the predator is favored because there is no physical barrier that limits the ability to search (Forero *et al.*, 2008). According to Nachman and Zemek (2003), the initial number of predators also has an important function. They reported that three individuals of *P. persimilis* per plant might not be sufficient to guarantee control of the *T. urticae* mites five weeks after their release. In contrast, five predators per plant can exercise a more efficient control; in our study, it took an additional week to control the pest, since there are differences between the hosts used, such as height.

CONCLUSIONS

The Ojo de Toro variety showed greater resistance to *T. urticae*. *Phytoseiulus persimilis* helps to reduce the damage caused by *T. urticae*, but not to stop the decrease of the chlorophyll content because of the phytophagous feeding in both varieties of rose. *Tetranychus urticae* caused similar damage cm^{-2} percentages in both varieties and had different chlorophyll contents. *Phytoseiulus persimilis* was more efficient in the Virginia variety.

control más eficiente, en nuestro estudio tardó una semana adicional para controlar a la plaga, ya que hay diferencias entre los hospederos utilizados como la altura.

CONCLUSIONES

La variedad Ojo de Toro presentó mayor resistencia a *T. urticae*. *Phytoseiulus persimilis* ayuda a reducir el daño causado por *T. urticae*, pero no en detener el decrecimiento del contenido de clorofila por la alimentación del fitófago en ambas variedades de rosal. *Tetranychus urticae* causó porcentajes de daño cm⁻² similares en ambas variedades y presentaron contenidos diferentes de clorofila. *Phytoseiulus persimilis* fue más eficiente en la variedad Virginia.

LITERATURA CITADA

- Agrawal, A. 2000. Host-range evolution: adaptation and tradeoffs in fitness of mites on alternative hosts. *Ecology* 81: 500-508.
- Argüelles, R., A., N. Plazas, A. Bustos R., F. Cantor R., D. Rodríguez, y A. Hilarión. 2013 Interacción entre dos ácaros depredadores de *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes:Tetranychidae) en laboratorio. *Acta Biol. Colomb.* 18: 137-148.
- Balkema-Boomstra, A.G., S. Zijlstra, F. Verstappen, H. Inggamer, P. Mercke, M. Jongsma, and H. Bouwmeester. 2003. Role of Cucurbitacin C in resistance to spider mite (*Tetranychus urticae*) in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *J. Chem. Ecol.* 29: 225-235.
- Bidarnaman, F., E. Sanatgar, and M. Shabanipoor. 2015. Spatial distribution pattern of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on different *Rosa* cultivars in greenhouse Tehran. *J. O. P.* 5: 175-182.
- Biswas, G. C., W. Islam, M. M. Haque, R. K. Saha, K. M. F. Hoque, M. S. Islam, and M. E. Haque. 2004. Some biological aspects of Carmine Mite, *Tetranychus cinnabarinus* Boisd. (Acari: Tetranychidae) infesting egg-plant from Rajshahi. *J. Biol. Sci.* 4: 588-591.
- Bounfour, M., L. K. Tanigoshi, C. Chen, J. Cameron, and S. Klaurer. 2002. Chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in red raspberry leaves infested with *Tetranychus urticae* and *Eotetranychus carpini borealis* (Acari: Tetranychidae). *Environ. Entomol.* 31: 215-220.
- Chacón-Hernández, J. C., E. Cerna-Chávez, F. Reyes-Zepeda, G. Gaona-García, M. Rocandio-Rodríguez, y J. Landeros-Flores. 2017. Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot sobre cuatro estados de desarrollo de *Tetranychus urticae* Koch sobre discos de rosal. *Southwest Entomol.* 42: 485-492.
- Chow, A., A. Chau, and K. M. Heinz. 2009. Reducing fertilization for cut roses: effect on crop productivity and two spotted spider mite abundance, distribution, and management. *J. Econ. Entomol.* 102:1896-1907.
- De Angelis, J., R. E. Berry, and G. W. Krantz. 1983. Photosynthesis, leaf conductance, and leaf chlorophyll content in spider mite (Acari: Tetranychidae) injured peppermint leaves. *Environ. Entomol.* 12: 345-348.
- De Bach, P. 1964. *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Reinhold Publishing Corporation, New York. 844 p.
- Dicke, M., and M. W. Sabelis. 1988. How plants obtain predatory mites as bodyguards. *Neth. J. Zool.* 38: 148-165.
- Eisa, G. S. A., and E. M. Mostafa. 2013. The harmful effects of phytophagous mite (*Tetranychus urticae* Koch) on some botanical characters of grapevine plant (*Vitis vinifera* L.) and releasing the predatory mite (*Typhlodromips capsicum* Mostafa). *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 9: 258-270.
- Escudero, L. A., and F. Ferragut. 2005. Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Biol. Control.* 32: 378-384.
- Flores-Canales R., R. Mendoza-Villareal, J. Landeros-Flores, E. Cerna-Chávez, A. Robles-Bermúdez, y N. Isiordia-Aquino. 2011. Caracteres morfológicos y bioquímicos de *Rosa x hybrida* contra *Tetranychus urticae* Koch en invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.* 3: 473-482.
- Forero, G., M. Rodríguez, F. Cantor, D. Rodríguez, y J. R. Cure. 2008. Criterios para el manejo de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con el ácaro depredador *Amblyseius* (*Neoseiulus*) sp. (Acari: Phytoseiidae) en cultivos de rosas. *Agron. Colomb.* 26:78-86.
- Grbic, M., T. Van Leeuwen, R. M. Clark, S. Rombauts, P. Rouze, V. Grbic, E. J. Osborne, W. Dermauw, and P. C. Ngoc. 2011. The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Bull. Entomol. Soc. Egypt.* LVIII: 249-259.
- Haile, F. J., and L. G. Higley. 2003. Changes in soybean gas-exchange after moisture stress and spider mite injury. *Environ. Entomol.* 32: 433-440.
- Hall, F. R., and D. C. Ferree. 1975. Influence of twospotted spider mite population on photosynthesis of apple leaves. *J. Econ. Entomol.* 68: 517-520.
- Helle, W., and M. W. Sabelis. 1985. *Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Of the Series: World Crop Pests. Elsevier Science Publishing Amsterdam, The Netherlands. Volume 1A pp: 1-406.
- Hilarión, A., A. Niño, F. Cantor, D. Rodríguez, and J. R. Cure. 2008. Criterios para la liberación de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Parasitiformes: Phytoseiidae) en cultivo de rosa. *Agron. Colomb.* 26: 68-77.
- Hussey N.W., and W. J. Parr. 1963. The effect of glasshouse red spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on the yield of cucumbers. *J. Hortic. Sci.* 38: 255-263.
- Iatrou, G., C. M. Cook, G. Stamou, and T. Lanaras. 1995. Chlorophyll fluorescence and leaf chlorophyll of bean leaves injured by spider mites (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 19: 581-591.
- Johnson, D. L. 1983. On the relationship between the European red mite and apple leaf chlorophyll. *J. Entomol. Soc. B. C.* 80: 42-45.
- Krips, O. E., P.W. Kleign, P. E. L. Willems, G. J. Z. Gols, and M. Dicke. 1999. Leaf hairs influence searching efficiency and predation rate of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23: 119-131.

- Li, J., and D. C. Margolies. 1993. Effects of mite age, mite density, and host quality on aerial dispersal behavior in the twospotted mite. *Entomol. Exp. Appl.* 68: 79-86
- Malais, M., and W. J. Ravensberg. 1992. Knowing and Recognizing: The Biology of Glasshouse Pests and their Natural Enemies. Koppert Biological Systems. Berkel in Rodenrijs, The Netherlands. pp: 1-109.
- Nachman, G., and R. Zemek. 2002a. Interactions in a tritrophic acarine predator-prey metapopulation system III: Effects of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on host plant condition. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 27-42.
- Nachman, G., and R. Zemek. 2002b. Interactions in a tritrophic acarine predator-prey metapopulation system IV: effects of host plant condition on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) *Exp. Appl. Acarol.* 26: 43-70.
- Nachman, G., and Zemek, R. 2003. Interactions in a tritrophic acarine predator-prey metapopulation system V: Within-plant dynamics of *Phytoseiulus persimilis* and *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 29: 35-68.
- Najafabadi S.S.M., R.V. Shoushtari, A. Zamani, M. Arbad, and H. Farazmand. 2011. Effect of nitrogen fertilization on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) populations on common bean cultivars. *J. Agric. Environ. Sci.* 11:568-576.
- Otero, G. 2002. Ácaros plaga de plantas ornamentales. In: Bautista, N., J. Alvarado, J. C. Chavería, y H. Sánchez (eds). Manejo Fitosanitario de Ornamentales. Colegio de Posgraduados e Instituto de Fitosanidad. pp: 8-24.
- Park Y., and J. Lee. 2002. Leaf cell and tissue damage of cucumber caused by twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 95: 952-957.
- Peralta, O., y V. Tello. 2011. Tabla de vida de *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) sobre tres variedades de melón, *Cucumis melo*. *Rev. Colomb. Entomol.* 37: 21-26.
- Poskuta, J., A. Kolodochka, and D. Kropczynska. 1975. Photosynthesis, photorespiration and respiration of strawberry plants as influenced by infestation with *Tetranychus urticae* (Koch). *Fruit Sci. Rept* 2:1-17.
- Reddall, A., V. O. Sadras, L. J. Wilsonand, and P. C. Gregg. 2004. Physiological responses of cotton to two-spotted spider mite damage. *Crop Sci.* 44: 835-846.
- Ribeiro M. G. P. M., M. Michereff Filho, I. M. R. Guedes, A. M. R. Junqueira, e R. S. Liz. 2012. Efeito da adubação química na infestação do ácaro rajado e na produção do morangoeiro. *Hortic. Bras.* 30: 673-680.
- Sances, F. V., J. A. Wyman, and I. P. Ting. 1979a. Physiological responses to spider mite infestation on strawberries. *Environ. Entomol.* 8: 711-714.
- Sances, F. V., J. A. Wyman, and I. P. Ting. 1979b. Morphological responses of strawberry leaves to infestation of spider mite. *J. Econ. Entomol.* 72: 710-713.
- SAS Institute. 2002. Guide for Personal Computers, version 9. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Tomczyk, A., and D. Kropczynska. 1985. Effects on the host plant. In: Helle W., and M. W. Sabelis (eds). Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1A. Elsevier, Amsterdam. pp: 317-329.
- Van de Vrie, M. 1985. Control of Tetranychidae in crops: greenhouse ornamentals. In: Helle, W., and M.W. Sabelis (eds). Spider Mites, their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. Vol. 1B. pp: 273-283.
- Vázquez, L., Y. Matienzo, M. Veitía, y J. Alfonso. 2008. Conservación y Manejo de Enemigos Naturales de Insectos Fitófagos en los Sistemas Agrícolas de Cuba. INISAV. Centro de Información y Documentación de Sanidad Vegetal (CIDI-SAV). Ciudad de la Habana. Cuba. 198 p.