

**EFFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE ARAÑITA DE DOS
MANCHAS *Tetranychus urticae* KOCH
(ACARI: TETRANYCHIDAE) EN PROCESOS FOTOSINTETICOS
EN HOJAS DE ROSAL VAR. ROYALTY BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO**

LUIS PATRICIO GUEVARA ACEVEDO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN PARASITOLOGIA AGRICOLA



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

OCTUBRE DE 2006

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

**EFFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE ARAÑITA DE DOS MANCHAS
Tetranychus urticae Koch (ACARI:TATRANYCHIDAE) EN PROCESOS
FOTOSINTETICOS EN HOJAS DE ROSAL VAR. ROYALTY BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO**

TESIS

POR

LUIS PATRICIO GUEVARA ACEVEDO

**ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITE PARTICULAR DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL
GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA**

COMITE PARTICULAR:

Asesor principal

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesor

M.C. Víctor Sánchez Valdez

Asesor

Dr. Mohammad H. Badii

Asesor

M. C. Leobardo Bañuelos Herrera

**Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Octubre de 2006

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores por las aportaciones a este trabajo y por la gran amistad que me brindo.

Al Dr. Mohammad H. Badii Z., al M.C. Leobardo Bañuelos Herrera y al M.C. Víctor M. Sánchez Valdés por su valiosa participación y apoyo brindado en la realización de este trabajo y por la amistad que me brindan.

Al Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez por los valiosos consejos en los momentos mas críticos y como amigo mejor e inigualable.

Al M.C. Antonio Cárdenas Elizondo por sus sugerencias y consejos.

A mi ALMA TERRA MATER que una vez mas me abrió sus puertas para integrarme a ella y brindarme una oportunidad más de superación.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para la culminación de la investigación. Gracias...

DEDICATORIA

El esfuerzo que existe detrás de un trabajo como el que se tiene que pasar para lograr una meta mas en la vida, la ofrezco y dedico con cariño y gratitud

A DIOS:

Por permitirme existir.

A MI MADRE:

Paula Acevedo Bravo

Por todas tus preocupaciones, tu calado sufrimiento, tus sacrificios y penas y por todo lo que inmerecidamente sientes por tu hijo.

A MI HERMANA:

Ma. del Carmen Guevara Acevedo

Por todo lo bueno que he aprendido y por los momentos felices que comparto día a día con ella. Por su amor, apoyo y fortaleza brindados.

A MI CUÑADO:

Claudio Francisco Javier Lazcano Ortiz

Por las palabras sabias que me brinda en los momentos que mas se requieren y la gran amistad que me brinda.

A MI SOBRINOS:

Francisco Javier y Alonso Javier

Que con su sonrisa y alegría aumenta mi felicidad

A MIS AMIGOS:

Nemecio Mora, Miguel Contreras, Gustavo Domínguez, Jorge Domínguez, Juan Balderas y Javier Torres Arreguin.

Por lo compartido juntos y por el gran valor de la amistad que profesan.

EN ESPECIAL:

Efrén Carvajal (†)

Por la inigualable amistad que me brindo y dios lo tenga en su reino.

**Ya que ellos son por quienes
uno se motiva a emprender tareas,
y que algún día y en algún lugar
podamos compartir las
satisfacciones logradas**

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
Distribución.....	5
Clasificación Taxonómica.....	6
Biología y Hábitos de Tetranychidae.....	7
Huevo.....	8
Larva.....	9
Ninfa.....	9
Adulto.....	10
Mecanismos de Dispersión.....	13
Proporción de Sexos.....	14
Diapausa.....	15
Descripción de Fotosíntesis.....	16
Factores Internos que afectan Fotosíntesis.....	18
Edad de la hoja.....	18
Contenido de clorofila.....	20
Resistencia al flujo de CO ₂	21
Actividad Estomatica.....	23
Factores Externos	25
Luz.....	25

	Página
Dióxido de Carbono.....	26
Temperatura.....	28
Agua.....	29
Factores Internos que influyen sobre Transpiración.....	30
El color y sus formas de medirlo.....	32
Efecto de Plagas en la Fisiología de Plantas.....	35
MATERIALES Y METODOS.....	43
RESULTADOS Y DISCUSION.....	49
Determinación Cuantitativa de la Clorofila.....	50
Bioensayo.....	53
Efecto de niveles poblacionales de <i>Tetranychus</i> <i>urticae</i> Koch sobre la fisiología de hojas de rosal.....	54
Efecto de niveles poblacionales de <i>Tetranychus</i> <i>urticae</i> Koch sobre variables de calidad de rosas.....	86
CONCLUSIONES.....	88
RESUMEN.....	89
LITERATURA CITADA.....	92
APENDICE.....	101

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
2.1	Tiempo de desarrollo en días para <i>Tetranychus urticae</i> bajo una temperatura de 21 °C.....	11
2.2	Porcentaje de reducción en varios procesos fisiológicos de la fresa debido al ataque de <i>T. urticae</i>	39
4.1	Resultado de los muestreos realizado a los 50 días de poda de las plantas de rosal.....	52
4.2	Reducción del contenido total de clorofila por efecto del número de ácaros, el color (L*, a* y b*) y la interrelación entre ellos.....	53
4.3	Promedio de datos transformados a logaritmo del efecto de diferentes densidades de araña de dos manchas y su efecto sobre la fisiología de hojas de rosal bajo condiciones de invernadero.....	58
4.4	Efecto de los tratamientos, el tiempo y la interacción entre ambos en los procesos fisiológicos de hojas de rosal.....	59
4.5	Efecto de el numero de ácaros, color y la interacción de ambos en el contenido de clorofila total, estos resultados se encontraron al aplicar la formula de la regresión de la primera parte del experimento.....	61
4.6	La influencia de la araña de dos manchas <i>T. urticae</i> en la fisiología de hojas de rosal bajo condiciones de invernadero (Datos transformados a log).....	62

CUADRO		PAGINA
4.7	Porcentaje de reducción por efecto de la influencia de la araña de dos manchas (<i>Tetranychus urticae</i> Koch) en la fisiología de hojas de rosal bajo condiciones de invernadero.....	65
4.8	Promedio de los datos transformados a ln de la influencia de <i>T. urticae</i> en variables de calidad de flor de rosal.....	72
4.9	Ecuaciones de regresión de las variables evaluadas en la calidad de la flor de rosal var. Royalty con relación a diferentes densidades de población de <i>T. urticae</i> bajo condiciones de invernadero.....	73
4.10	Pérdida y reducción de las variables de longitud de botón y longitud de vara de rosa var. Royalty expuestas a diferentes densidades de <i>T. urticae</i>	76
4.11	Correlaciones entre las variables evaluadas con respecto a el efecto de diferentes poblaciones de <i>T. urticae</i> en procesos fisiológicos del rosal y variables de calidad de la flor var. Royalty bajo condiciones de invernadero.....	78

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
2.1	Factores que afectan la fotosíntesis.....	17
2.2	Diagrama de cromaticidad de a^* y b^*	36
4.1	Línea concentración mortalidad de una población de <i>Tetranychus urticae</i> después de 48 hrs de exposición a la Avermectina®.....	55
4.2	Reducción en la fisiología de hojas de rosal por efecto de diferentes poblaciones de <i>T. urticae</i> en condiciones de invernadero.....	68
4.3	Línea de regresión de los datos transformados de diámetro de botón $\ln(y)$ y la densidad de ácaros/hoja $\ln(x+1)$	74
4.4	Línea de regresión de los datos transformados de longitud de botón $\ln(y)$ y la densidad de ácaros/hoja $\ln(x+1)$	74
4.5	Línea de regresión de los datos transformados de diámetro de vara $\ln(y)$ y la densidad de ácaros/hoja $\ln(x+1)$	75
4.6	Línea de regresión de los datos transformados de longitud de vara $\ln(y)$ y la densidad de ácaros/hoja $\ln(x+1)$	75
4.7	Relación entre ácaros-día/hoja y fotosíntesis neta en los diferentes tratamientos sobre rosa var. "Royalty" bajo condiciones de invernadero.....	79

FIGURA		PAGINA
4.8	Relación entre ácaros-día/hoja y resistencia estomatal en los diferentes tratamientos sobre rosa var. "Royalty" bajo condiciones de invernadero	82
4.9	Relación entre ácaros-día/hoja y transpiración en los diferentes tratamientos sobre rosa var. "Royalty" bajo condiciones de invernadero.....	83
4.10	Relación entre ácaros-día/hoja y clorofila total en los diferentes tratamientos sobre rosa var. "Royalty" bajo condiciones de invernadero.....	85
4.11	Relación entre ácaros-día/hoja y la longitud de vara en los diferentes tratamientos sobre rosa var. "Royalty" bajo condiciones de invernadero.....	87

COMPENDIO

**EFFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE ARAÑITA DE DOS
MANCHAS *Tetranychus urticae* KOCH
(ACARI:TETRANYCHIDAE) EN PROCESOS FOTOSINTÉTICOS
EN HOJAS DE ROSAL VAR. ROYALTY BAJO CONDICIONES
DE INVERNADERO.**

POR

LUIS PATRICIO GUEVARA ACEVEDO

MAESTRÍA

PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MAYO 2000

Dr. Jerónimo Landeros Flores – Asesor

**Palabra clave: Fotosíntesis, Resistencia Estomatal,
Transpiración, Clorofila total, *Tetranychus
urticae*, rosal.**

La presente investigación fue realizada en los invernaderos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista Saltillo, Coah. México en el periodo de abril a noviembre de 1999.

El objetivo fue evaluar el efecto que tienen diferentes densidades poblacionales del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch en procesos fotosintéticos en hojas del cultivo del rosal var. “Royalty” bajo condiciones de invernadero. La investigación se realizó en una cama de 96 plantas separadas en 5 tratamientos y un testigo. Esta se dividió en dos etapas: la primera consistió en la determinación cuantitativa del contenido de clorofila, para ello se etiquetaron las hojas cuando estas se encontraban totalmente separadas del tallo y con una coloración rojiza y a 30 hojas de la misma edad se determinó el número de ácaros, color (L^* , a^* , b^*) que la luminosidad, coordenadas de cromaticidad del verde al rojo y del amarillo al azul respectivamente, y contenido de clorofila total. Con estos resultados se realizó una regresión utilizando el paquete computacional SAS; encontrando una línea de regresión en donde la variable dependiente fue el contenido de clorofila y las independientes fueron: el promedio de ácaros/hoja y el color (L^* , a^* y b^*). En la segunda etapa se realizó un bioensayo con un producto comercial Avermectina®, con la finalidad de determinar las dosis subletales que nos permitieran mantener las poblaciones de este ácaro a poblaciones de 1-20, 21-40, 41-60, 61-80 y 81-100 ácaros/hoja.

Se realizó un ANOVA en el paquete computacional SAS donde se encontró que los diferentes tratamientos tienen una fuerte influencia en los procesos fotosintéticos, en la longitud de vara del botón floral.

Al realizar un análisis de correlación en el paquete computacional Estadística se encontró que existe una correlación negativa para los tratamientos con las variables de fotosíntesis neta, transpiración, contenido de clorofila total, longitud de vara; mientras que para la resistencia estomatal fue positiva.

ABSTRACT

**EFFECT OF DIFFERENT DENSITIES OF TWOSPOTTED
SPIDER MITE *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI:
TETRANYCHIDAE) IN PHOSYNTHETICS PROCESS IN LEAVES
OF ROSEBUSH VAR. ROYALTY UNDER GREENHOUSE
CONDITIONS.**

BY

LUIS PATRICIO GUEVARA ACEVEDO

MASTER ON SCIENCE

AGRICULTURAL

PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MAYO 2000

Dr. Jerónimo Landeros Flores – Advisor

**Key words: Photosynthesis, Estomatal Resistance,
Transpiration, Total Chorophyll, *Tetranychus urticae*,
rosebush.**

The present investigation was accomplished in the greenhouses of the Horticulture Department of the Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", in Buenavista, Saltillo, Coah. Mexico in the period of april to november of 1999.

The objective was evaluated the effect that have different populational densities of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch in photosynthetics process in leaves of the cultivation of the rosebush var. "Royalty" under greenhouse conditions. The investigation was accomplished in a bed of 96 plants separated in 5 treatments and a witness. This was split into two stages: the first consisted of the quantitative determination of the content of chlophyll, for this were labeled the leaves when these was found totally separate of the stem and with a reddish coloration and 30 leaves of the same age was determined the number of mites, color (L^* , a^* , b^*) lightness, coordinate of chromaticity of the green to the red and of the yellow to the blue respectively, and content of total chlophyll. With these results was accomplished a regression using the program SAS; finding a regression line in which the dependent variable was the content chlophyll of and the independent were: the mites/leaf average and the color (L^* , a^* and b^*). In the second stage was accomplished a bioassay with a commercial product Avermectina®, in order to determine the sublethal dose that permitted us to maintain the populations of this mite.

It was accomplished an ANVA in the program SAS where was found that the different treatments have a strong influence on the photosynthetics processes, in the rod length of the floral button.

Upon accomplishing a correlation analysis in the program ESTATISTICA that find that exists a negative correlation for treatments with the variables, net photosynthesis, transpiration, content of total chlorophyll, rod length; while for the stomatal resistance was positive.

INTRODUCCION

La gran variedad de climas y suelos que tiene la República Mexicana hace de ella un lugar adecuado para el desarrollo de la agricultura y en especial la floricultura.

Los cultivos ornamentales son una alternativa de diversificación dentro del sector agropecuario, ya que cuenta con potencial para cubrir las necesidades del país en lo que respecta a la generación de empleos en el medio rural y de divisas para la economía nacional.

A partir de la firma del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica, a México se le presentan una serie de oportunidades en la exportación de diversos productos agropecuarios.

Según Pertwee (1992), países como Estados Unidos, Alemania, Holanda, Japón y Colombia producen y consumen grandes volúmenes de rosa en el mundo, excepto Colombia que no compra del exterior. Este investigador señala que México produce apenas la cuarta parte de lo que produce Colombia

(98 millones de tallos), exportando un 40 por ciento del total de su producción (40 millones de tallos).

En 1990 la Unión Americana importó 430 millones de tallos de rosa de diversos cultivares, en ese año Colombia ocupó el primer lugar al vender a ese país 293 millones de tallos (68.66 por ciento) y México se colocó en segundo lugar al colocar, según datos del Banco de México, 48 millones de tallos (11.21 por ciento).

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 1998) citado por Flores, 1999; registró que en el ámbito nacional se siembran 10,067.157 ha cultivadas con ornamentales a campo abierto e invernadero, siendo los estados productores mas importantes: Distrito Federal, Morelos, Michoacán, Jalisco, Puebla, Veracruz, Sonora, Guerrero, Baja California. Mientras que en el estado de Coahuila se siembran aproximadamente 10 ha bajo cubierta de plástico, principalmente en las regiones de: Derramadero, Los Lirios, la Carbonera y Huachichil.

Uno de los principales problemas de tipo fitosanitarios que se presentan en un cultivo de rosas es el ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* a tal grado que es considerado como plaga primaria, por tal motivo se han realizado estudios sobre su porcentaje de pérdidas, biología, y métodos de control químico y biológico en rosal bajo condiciones de invernadero. Sin embargo, la

información referente al daño que ocasiona este ácaro a nivel fisiológico en el rosal es realmente escasa, al menos en relación al proceso de fotosíntesis.

El presente trabajo pretende sentar las bases que permitan incrementar la información del umbral económico del ácaro de dos manchas en el cultivo del rosal en condiciones de invernadero tomando como variables de evaluación, algunos procesos fisiológicos como: resistencia estomatal, transpiración y contenido de clorofila relacionados con las variables de calidad de diámetro y longitud de vara y botón floral.

Por lo anteriormente expuesto se plantearon como objetivos fundamentales: determinar el efecto de diferentes densidades de población de *Tetranychus urticae* Koch en los procesos: tasa de fotosíntesis neta, resistencia estomatal, tasa de transpiración y contenido de clorofila total en hojas de rosal bajo condiciones de invernadero, y conocer el efecto de esas densidades de población de *T. urticae* en variables de calidad de rosal, como son: diámetro y longitud de vara y botón floral.

REVISION DE LITERATURA

De la gran diversidad de organismos que atacan a las plantas cultivadas y a las cosechas almacenadas, destaca un grupo de organismos diminutos. Los ácaros; han sido conocido por el hombre desde tiempos remotos (Resendiz, 1985).

Bravo *et al.*, (1988) señala que a pesar de su gran fecundidad y su amplia distribución, los ácaros son poco conocidos por el hombre debido a su tamaño tan pequeño, aunque algunos son bien conocidos por sus daños a la agricultura, como: Las “arañas rojas” (Tetranychidae), los aradores (Eriophyidae) y la “araña ciclamina “ (Tarsonemidae).

Flores (1999) menciona que los ácaros tetraníquidos son el grupo más importante de ácaros plaga. Todos sus miembros son fitófagos. Poseen quelíceros muy modificados, las bases de estos están fusionadas para formar un estíloforo. El dedo móvil está modificado en un estilete (el dedo fijo se pierde) y penetra en el tejido de la planta (Jeppson *et al.*, 1975).

Distribución

Jeppson *et al.*, (1975) menciona que estos organismos son encontrados en cualquier parte del mundo donde florecen plantas cultivadas de tipo alimenticio, industrial y ornamental, con frecuencia dañando o matando a los hospederos que parasita.

La especie *Tetranychus urticae* se encuentra ampliamente distribuida en el mundo principalmente en zonas templadas. Se han asociado a más de 150 especies de plantas hospederas de importancia económica (Cruz, 1984). Esta especie es muy conocida en árboles deciduos en la región boreal de Estados Unidos de América y Europa (Tuttle y Baker, 1968).

En México se le reporta ocasionando daño en las zonas freseras de Irapuato, Guanajuato y Zamora Michoacán y en menor grado en Jalisco, Estado de México, Puebla y Querétaro (Teliz y Castro, 1973). En los estados de Puebla, Morelos, México y Guanajuato ocasionan pérdidas en cacahuate, fresa y papayo (Estébanez, 1989). Por su parte, Yañes (1989) menciona que en el estado de México *T. urticae* afecta la calidad de la flor de crisantemo al deformar sus pétalos.

Clasificación Taxonómica

El ácaro de dos manchas según Krantz (1970) se ubica en las siguientes taxas:

Phyllum: Arthropoda

Subphyllum: Chelicerata

Clase: Arachnida

Subclase: Acarida

Orden: Acariformes

Suborden: Prostigmata

Supercohort: Promata

Cohort: Eleutherogonina

Superfamilia: Tetranychoidae

Familia: Tetranychidae

Subfamilia: Tetranychinae

Tribu: Tetranychini

Género: *Tetranychus*

Especie: *urticae*

Biología y Hábitos de Tetranychidae

La mayoría de los ácaros se alimentan del envés de las hojas, cerca de la periferia ocasionan enroscamiento de los bordes, otros provocan clorosis, defoliación y daño en el fruto impidiendo que este madure (Van Doorn, 1985)

Se ha encontrado que los daños causados por los ácaros a las plantas debido a sus hábitos alimenticios dependen, generalmente, de las condiciones del medio, del estado fisiológico de la planta y de la naturaleza de las sustancias inyectadas como toxinas o reguladores de crecimiento (Jeppson, *et al.* 1975). También menciona que los teraníquidos al alimentarse introducen sus estiletes en los tejidos de las plantas provocando un daño mecánico el cual consiste en la remoción del contenido celular. Los cloroplastos desaparecen y se aglutinan pequeñas cantidades de material celular coagulado, originando manchas color ámbar. Este daño es provocado como resultado de los hábitos alimenticios de los ácaros durante un largo periodo de tiempo o por la actividad de altas poblaciones; sin embargo, también se ha visto que bajas poblaciones llegan a causar daños severos lo que hace suponer que durante el periodo de alimentación inyectan toxinas o reguladores a la planta.

En un estudio en hojas de frijol se encontró que el ácaro de dos manchas provoca daño en el parénquima esponjoso, debido a que los ácaros succionan células con clorofila que se encuentra en este tejido; mientras que el haz vascular y parénquima empalizada permanece sin daño (López, 1998).

Fuentes (1993), señala que algunas especies de arañas rojas pasan el invierno en estado de huevo y otras, en estado adulto, al resguardo de la corteza de los árboles o cualquier maleza. Al llegar la primavera avivan los huevos o salen los adultos de sus refugios e inician las oviposturas que generalmente, efectúan en el envés de las hojas que es habitualmente donde viven los adultos.

Huevo

Los huevecillos de *T. urticae* miden en promedio entre 110 y 150 μm . Son de color translúcido a opaco blanquecino y cambian a color café conforme se van desarrollando el embrión. La superficie del córion es lisa con leves irregularidades. En la última etapa del desarrollo embrionario se presenta un cono respiratorio que se proyecta sobre la superficie del huevecillo (Crocker, 1985).

Nelson y Stafford (1972) estudiaron los efectos de la temperatura sobre el periodo de incubación de los huevecillos, reportando que la temperatura influencia fuertemente estos procesos y que a 24 °C el periodo de incubación era de tres días, mientras que necesitaban 21 días a una temperatura de 11 °C. El tiempo de desarrollo fue de 5 a 20 días para machos (con un tiempo promedio de vida de 28 días).

Larva

Las larvas son redondas y poseen tres pares de patas. Al emerger del huevo son blancas y únicamente se les notan las manchas oculares de color rojo carmín. Conforme pasa el tiempo se tornan de color verde claro y las manchas dorsales de color gris se empiezan a volver aparentes. Los peritremas tienen forma de bastón y están en posición dorsal al final de las setas prodosomales anteriores (Jeppson, *et al.* 1975).

Ninfa

Las protoninfas son ovaladas y poseen cuatro pares de patas. Son de color verde claro con manchas dorsales bien definidas y peritremas en forma de hoz. La deutoninfa es muy similar a la protoninfa de tal forma que resulta difícil diferenciarlas. Es ligeramente mas oscura, de mayor tamaño y se les puede reconocer el sexo. Los peritremas son de forma de V. El tarso uno tiene cuatro setas táctiles próximas a las setas duplex, en tanto la tibia uno tiene nueve setas táctiles y una sensorial. El integumento es rugoso con lóbulos semioblongos en el filo de las arrugas (Jeppson, *et al.* 1975).

Adultos

El macho adulto es de coloración más pálida y es más pequeño que la hembra posee un abdomen puntiagudo y el mismo número de setas. Las manchas dorsales son casi imperceptibles y de color gris. El tarso uno presenta cuatro pares de setas táctiles y dos sensoriales primas a las dúplex proximales. La tibia uno presenta nueve setas táctiles y cuatro sensoriales (Jeppson, *et al.* 1975).

Flores *et al.* (1999) señalan que la capacidad reproductiva varía con la especie y condiciones del medio. Las hembras pueden producir más de 100 huevos a una tasa de 5 a 10 huevos por hembra por día. Las temperaturas bajas reducen el promedio máximo y extienden el período de oviposición. *Tetranychus* spp tiene la máxima capacidad de reproducción con partenogénesis de tipo arrenotoca en las que las hembras vírgenes (sin copulación) producen huevos haploides que serán machos.

Se ha demostrado que el desarrollo postembrionario está íntimamente asociado con la temperatura. Croker (1985), reporta que observó que a 22.8 °C el desarrollo del estado larval era un día, mientras que a 12.5 °C tardaba 11 días. El estado de protoninfa según este último autor era de un día a 23.3 °C y de 13 días a 9 °C. La deutoninfa tardó un día en completar su desarrollo a 23.4 °C y el tiempo de desarrollo se prolongó hasta 45 días cuando éstas se

expusieron a 4.3 °C. Herbert (1985) resume en el cuadro 2.1 el tiempo de desarrollo de *Tetranychus urticae* a una temperatura de 21 °C.

Además de la temperatura, la humedad está también muy relacionada con el desarrollo del ácaro de dos manchas. Boudreaux (1958) estudió el efecto de la humedad relativa en la ovipostura, eclosión y supervivencia de seis especies de araña y encontró que bajo condiciones de baja humedad (0 a 35 por ciento de H.R.) las hembras de *T. urticae* ponen más huevos y viven más.

Cuadro 2.1 Tiempo de desarrollo en días para *Tetranychus urticae* bajo una temperatura de 21 °C (según Crooker, 1985).

Estado	Activa	Quiescente	Total
Larva			
Macho	1.5	1.3	2.8
Hembra	1.5	1.2	2.7
Protoninfa			
Macho	1.0	1.3	2.3
Hembra	1.3	1.2	2.4
Deutoninfa			
Macho	1.0	1.4	2.5
Hembra	1.5	1.4	2.9

Todos los ácaros de la familia Tetranychidae pasan por las fases inmaduras de larva, protoninfa, deutoninfa y finalmente adulto. Los tres estados inmaduros se alimentan y entre cada uno de ellos hay periodos intermedios de quiescencia llamados protocrisálida, deutocrisálida y teliocrisálida, respectivamente.

Al igual que muchos artrópodos el patrón de oviposición de los teraníquidos comprenden un periodo corto de preoviposición, un rápido pico de incremento en pocos días después y por último un decremento paulatino. Aun cuando esto puede variar dependiendo de la temperatura con un óptimo para el ácaro de dos manchas de 28-32°C en el cual se presenta un período de preoviposición de 0.5 días promedio (Van de Vrie, *et al*, . 1972).

Cuevas (1990) señala que los huevos son depositados y sujetados en líneas rectas paralelas a las venas de las hojas de las gramíneas; la oviposición se lleva acabo en las primeras horas de la mañana y en las ultimas de la tarde. Cada hembra deposita de 3 a 25 huevos durante su vida; la incubación tarda de tres a cinco días a 9°C, la eclosión ocurre al aproximarse el período de heladas. El ciclo de vida completo se realiza en sólo ocho a diez días bajo condiciones favorables.

El tiempo requerido para completar el ciclo de vida depende de cada especie; en general se desarrolla entre los 10 y 12 días, por lo que se estiman alrededor de 16 generaciones por año de araña roja. El apareamiento se da inmediatamente después de la segunda muda de la hembra, para ello el macho detecta por contacto a la deutoninfa y permanece cerca de ella hasta que la exuvia es desalojada (Jeppson et al., 1975).

Mecanismos de dispersión

Una de las características de los miembros de la subfamilia Tetranychinae a la que pertenece la especie *T. urticae* es la de producir una especie de hilo que utilizan en la construcción de telarañas. La forma y característica de la telaraña va de acuerdo a cada especie en particular. En el caso del ácaro de dos manchas una vez iniciada la invasión de las plantas empieza a construir telarañas de forma muy irregular en la superficie de la hoja. Cuando la población crece considerablemente se presenta en la telaraña numerosos gránulos de excremento, huevecillos y desechos corporales de los individuos muertos. La telaraña se adhiere a la hoja de tal forma que en invasiones severas la envuelven completamente y no la deja desprenderse una vez que ésta ha muerto (Saito, 1985).

La dispersión de Tetranychidae es de dos tipos: 1). Tipo paracaídas, el ácaro depende de un hilo de telaraña depositado en las hojas, soportando su peso sobre este hilo, y después por ayuda de una corriente de aire suave se mueve una distancia considerable. 2). Movimiento tipo masivo, cuando la planta está fuertemente infestada el ácaro se mueve hacia arriba de las plantas y produce una masa de telaraña en el punto terminal de la planta, situaciones de viento un poco fuertes, o insectos y pájaros que vuelan y tocan estas colonias de ácaros los transportan (Flores, *et al.* 1998).

El patrón de comportamiento de las hembras cambia como respuesta al desarrollo de la tela en hojas recién invadidas. Durante el inicio de la invasión las hembras comen activamente y giran sobre el hilo que se ha formado. Una vez que se han cubierto parte de la hoja con telaraña su actividad se reduce y se esconden bajo la telaraña en donde se alimentan y ovipositan: Esto ocurre después de 6 a 7 horas de la invasión según el mismo autor.

La telaraña además de las funciones ya mencionadas sirve también para dar protección contra factores climáticos adversos, enemigos naturales, acaricidas y puede marcar una especie de territorialidad contra individuos fitoparásitos de otras especies (Gerson, 1985).

Proporción de Sexos

La proporción de sexos según Helle y Pijnacker (1985) depende esencialmente de la cantidad de esperma transferido a la hembra. Si durante el apareamiento se interrumpe la cópula se produce un número inferior de hijas. En tanto que si se completa habrá una descendencia mayor de ellas, pudiendo considerarse como normal una producción de tres hembras por cada macho; mencionan también que a su vez que en casos de que las hembras no hayan sido fecundadas se producirán machos por partenogénesis.

Las hembras copuladas ponen huevos fertilizados (diploides --- hembras) y huevos sin fertilizar (haploides --- machos). La proporción de sexos en forma normal es de 3:1 a 2:1 a favor de las hembras (Flores, 1999).

Diapausa

El fenómeno de diapausa en ácaros de dos manchas ha sido estudiado por un buen número de acarólogos (Van de Vrie, *et al.* 1972; Veerman, 1985). Así por ejemplo, Veerman (1985) comenta que se ha demostrado ampliamente la importancia del fotoperíodo en la inducción de la diapausa en arañitas rojas. De acuerdo a el mismo fue Bonderenko en 1950 el primero en reportar que *T. urticae* entraba en diapausa bajo la inducción de días cortos, de modo que bajo un régimen de cuatro horas luz por día indujeron la diapausa en la totalidad de los individuos de una colonia del ácaro de dos manchas. Bajo un régimen de 15 horas luz no existe diapausa.

Se ha encontrado también que no todas las poblaciones de *T. urticae* responden con el fenómeno de diapausa al fotoperíodo. Van de Vrie, *et al.* (1972) reporta que las poblaciones del ácaro de dos manchas que habitan diferentes latitudes responden de diferente manera a las horas luz. En este caso el fotoperíodo decreció una hora por cada tres grados menos en latitud.

Descripción de Fotosíntesis

La fotosíntesis es uno de los procesos importantes que gobiernan el crecimiento y la producción de la planta (Gaastra, 1958), en donde el CO_2 del aire es absorbido por las plantas en presencia de luz y agua para formar carbohidratos simples, en el que el oxígeno es liberado del agua (Ryugo, 1988; Arthor y McCree, 1990). Además, es uno de los principales procesos relacionados con la absorción y asimilación de nitrógeno, debido a que es componente de la clorofila (Ryugo, 1988) o indirectamente como componente de proteínas enzimáticas involucradas en el proceso fotosintético (Evans, 1989). En ese sentido algunas plantas son más eficientes que otras para producir biomasa a partir de CO_2 del aire y del agua (Taiz y Zaiger, 1991). Cabe señalar que el carbono reducido, base de la biomasa, constituye un recurso inagotable, dado que se renueva mediante el proceso de intercambio gaseoso incluyendo la fotosíntesis y respiración (Coombs, *et al.*, 1988).

Calculada en la relación con la energía solar radiante, el rendimiento medio de la fotosíntesis en la biomasa es de aproximadamente 1 por ciento. Un análisis más fino demuestra que, según el tipo de planta, puede ser inferior al 1 por ciento o por el contrario aproximarse al 2 por ciento. En esto intervienen factores externos o bien factores internos (Fig. 2.2) relacionados con las reacciones bioquímicas específicas que se desarrollan en los cloroplastos (Somerville y Shauna, 1990).

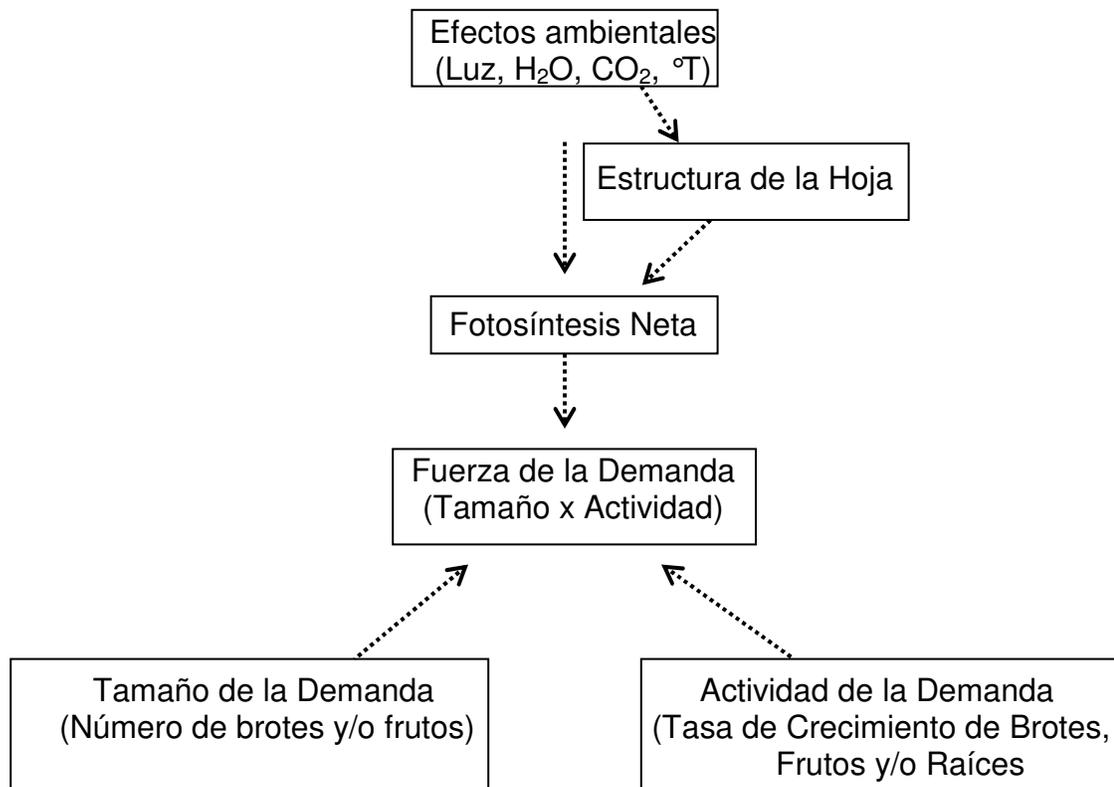


Figura 2.1. Factores que afectan la fotosíntesis (Faust, 1989)

Milthorpe y Moorby (1979), indican que existen factores propios de la planta (internos) y factores propios del medio ecológico (externos) que influyen sobre la tasa de asimilación de bióxido de carbono. Señalan entre los factores internos de más importancia a los siguientes: el estado patológico de la planta, estado de desarrollo de la planta, edad de la hoja, edad del meristemo, cultivar, variedad, existencia de los procesos de difusión y tipos de mecanismos de fijación de CO₂.

Factores Internos que afectan Fotosíntesis

Edad de la hoja

El primer órgano adaptado para este proceso es la hoja, por su morfología, aparato biosintético, cantidad de clorofila (a y b) y pigmentos; también la realizan en menor proporción: yemas, tallos, frutos y partes de las flores que poseen clorofila, además los estomas y lenticelas aptos para el intercambio de gases tiene un papel muy importante en este proceso (Ryugo,1988).

La edad de la hoja y el estado de desarrollo son importantes para determinar muchos de los procesos morfológicos y fisiológico en las plantas (Chaumont, *et al.* 1994; Horsley y Gottschalk, 1993).

Barden (1971), encontraron en árboles de manzano que la fotosíntesis neta se incrementó rápidamente durante la expansión de la hoja y llegó a su punto máximo pocos días después de que la hoja tiene su expansión completa. Las hojas maduras fijan bióxido de carbono y exportan fotosintatos, principalmente sacarosa, a otras hojas de la planta (Salisbury y Ross, 1994).

La mayor fotosíntesis neta de las hojas jóvenes es debida a la inmadurez de sus estomas, ya que estos maduran cerca de 6 semanas después de la

emergencia de la hoja (Slack, 1974), otra causa es su bajo contenido de nitrógeno (Faust, 1989). Así, en manzano la fotosíntesis neta alcanza su máximo de 30 a 40 días después de la expansión total de la hoja, posteriormente decae.

Sobrado (1994), caracterizó la edad de la hoja basándose en costos de construcción y mantenimiento, nitrógeno y contenido de clorofila. Las diferencias en el costo de construcción entre hojas jóvenes y viejas fue en promedio de 2.14 a 1.55 g de glucosa g⁻¹ de peso seco. La concentración de nitrógeno y el intervalo máximo de fotosíntesis tuvo una relación lineal. Menciona que el efecto de la edad de la hoja sobre fotosíntesis parece ser la causa de la reducción en fijación de carbono.

Davies y Mc Cree (1978) determinaron en hojas de frijol que la tasa de asimilación de CO₂ y la conductancia de la hoja disminuyeron con la edad de ésta.

En rosal, una hoja se considera madura tres días después de que pierde el color rojo del lado abaxial (Anderson y Boardman, 1973).

Contenido de Clorofila

El pigmento más importante en plantas verdes es la clorofila, la cual participa fundamentalmente en el proceso de fotosíntesis, en la transformación de energía luminosa a energía química. Ha sido utilizado como un parámetro que se relaciona con la tasa fotosintética (Buttery y Buzzell, 1977).

Saez (1989) menciona que el color verde de las hojas y frutas sin madurar se debe a la clorofila "a" (verde azulado) y "b" (verde amarillento) que se encuentra en relación 3:1. Los mecanismos de degradación de la clorofila sólo se conocen parcialmente; las principales vías son:

a).- Pérdida del Mg^{+2} (catalizada por un medio ácido) para dar feofitinas a y b de color pardo y verde oliva.

b).- Pérdida del grupo fitol (catalizada por la enzima clorofilasa) para dar clorofilidos a y b, de color verde.

c).- Pérdida del Mg^{+2} de los clorofilidos a y b para dar feoforbidos a y b, de color verde oliva.

d).- Pérdida del grupo carbometoxi ($-CO_2CH_3$) del C_{10} de las feofitinas para dar pirofeofitina a y b de color pardo.

El potencial fotosintético, expresado como el contenido total de clorofila en las hojas, está correlacionado con la tasa fotosintética (Syvertsen, 1984).

El contenido de clorofila aumenta rápidamente en rosal con el desarrollo de la hoja. La clorofila máxima ocurre antes de la expansión total de la hoja. En una hoja madura, la proporción de la fotosíntesis aumenta de $11.0 \text{ mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ a 15°C a una máxima de $17.0 \text{ mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ a 25°C (Mor, *et al.* 1979).

Se alcanza un contenido máximo de clorofila antes de la expansión foliar, pero si aparecen diferencias en la magnitud de la respuesta a condiciones ambientales, parece ser que el contenido de clorofila y las reacciones asociadas de luz no son una limitante en la respuesta fotosintética del rosal (De Angelis *et al.*, 1976). Sin embargo, Zieslin y Halevi (1973), encontraron un nivel más alto en hojas en brotes en floración de rosal que en hojas de brotes no en floración.

Resistencia al Flujo de CO_2

Otros factores internos que influyen sobre la fotosíntesis neta son las resistencias que se oponen al flujo de CO_2 de tal forma que: la fotosíntesis es el proceso fisiológico mediante el cual las plantas transforman la energía luminosa en energía química, una función desarrollada en los cloroplastos. Los procesos que efectúan dicha transformación son:

- 1.- Proceso de difusión CO_2 .
- 2.- Proceso de fijación CO_2 .

El primer aspecto puede describirse mediante la Ley de Fick como:

$$\frac{dm}{dt} = DA \frac{dc}{dx}$$

Donde:

$\frac{dm}{dt}$ = Cantidad de gas que difunde en un intervalo de tiempo (mg seg^{-1})

D = Coeficiente de difusión ($\text{cm}^{-1} \text{seg}^{-1}$)

A = Area de intercambio (cm^2)

$\frac{dc}{dx}$ = Gradiente de concentración del gas en la dirección de difusión x (mg cm^{-1})

Dado que la trayectoria del CO_2 durante la fotosíntesis se puede hacer análoga al flujo de corriente eléctrica, con ayuda de esta analogía Gaastra (1958) desarrolló la siguiente relación:

$$F_s = \frac{\Delta c}{\Sigma r}$$

Donde:

F_s = Tasa de fotosíntesis neta ($\text{mg CO}_2 \text{cm}^{-2} \text{seg}^{-1}$)

Δc = Cambio de concentración de CO_2 entre el aire que rodea a la hoja y el sitio de fijación en el cloroplasto ($\text{mg CO}_2 \text{cm}^{-3}$)

Σr = Suma de la resistencia que se oponen a la trayectoria del flujo del CO_2 ($\text{seg}^{-1} \text{cm}^{-1}$).

La resistencia inicial es la generada por la capa del aire adyacente a la hoja y es denominada resistencia de la capa de frontera (r'_{cf}), la resistencia originada por el estoma (r'_{est}); los espacios intercelulares (r'_{eic}); resistencia al mesófilo (r'_m) y r'_x está asociada con los componentes de fijación de CO_2 enzimáticos y fotoquímicos.

Ting (1982) menciona que al realizar estudios con las resistencias es preferible trabajar con las conductancias, que es el inverso de la resistencia ($Q_1 = 1/ r'_{est}$), ya que estas son directamente proporcionales a la transferencia de gases.

Actividad Estomatica

Salisbury y Rosss (1978) y Ting (1982) mencionan que el intercambio de gases entre la atmósfera y la superficie de la hoja a través de los estomas es una de las más importantes funciones fisiológicas de las plantas, siendo los más importantes CO_2 , O_2 y el vapor de agua. La mayor parte del intercambio de los gases se lleva acabo a través de pequeños poros llamados estomas, que se encuentran sobre la superficie de la hoja con un promedio general de 10,000 por cm^2 , con una apertura máxima de 10 μm , lo cual representa el uno por ciento de la superficie del área total.

El número y tamaño de los estomas depende del tipo de planta, de las condiciones ambientales y de la localización de la hoja (Nuñez, 1984). Se ha encontrado una correlación negativa entre el tamaño de los estomas y su densidad, con un coeficiente de determinación de -0.80 (Miskin y Rasmusson, 1970).

Una elevada resistencia estomática se puede atribuir a una baja densidad estomática (Joung y Scott, 1980), y un bajo intercambio de CO_2 es causado por una alta resistencia estomatal y las altas temperaturas que afectan las relaciones enzimáticas (Baldocchi, *et al.* 1983).

Morgan (1984) menciona que los factores internos de la planta para controlar el estrés de agua son la evasión y la tolerancia, siendo la evasión una rápida terminación de ontogenía, caída de la hoja, enrollamiento de la hoja y baja conductancia estomatal al vapor de agua. La tolerancia involucra el desarrollo de bajos potenciales osmóticos, lo cual viene a constituir lo que se llama osmorregulación.

La osmorregulación se da en plantas con estrés de agua y bajos potenciales de agua, mediante la acumulación de solutos y reducción de salida de agua de las células con la finalidad de mantener el potencial de turgencia sin cambios y de esta manera proseguir con el crecimiento de la planta. Los factores ambientales que la afectan son el estrés de agua, intensidad de luz y concentración de CO_2 .

Factores Externos

Los factores ambientales: agua, dióxido de carbono, energía solar y temperatura participan en el proceso fotosintético de la hoja (Ramírez, 1991).

Mansfield y Jones (1976) hacen notar que la fotosíntesis es un proceso determinado tanto por factores externos como internos. Dichos factores actúan e interactúan de forma compleja sobre la tasa fotosintética en cualquier tiempo. Dentro de los factores externos que tienen mayor influencia sobre la fotosíntesis son: calidad e intensidad de luz, concentración de dióxido de carbono, temperatura, concentración de oxígeno, disponibilidad de agua en el suelo, velocidad del viento, estado nutricional de las plantas y disponibilidad de nutrimentos en el suelo.

Luz

Cerca del 5 por ciento de la energía solar que llega a la tierra es convertida en carbohidratos por el proceso de fotosíntesis. Esto es porque la fracción de luz absorbida por los pigmentos fotosintéticos puede ser tanto de onda corta como de larga (Taiz y Zaiger, 1991).

Coombs, *et al.* (1988) examinando una serie de definiciones, con el fin de complementar una, en base a datos fotosintéticos de la hoja, propone que la

radiación fotosintéticamente activa es un flujo incidente de cuantos en longitud de onda de 400 a 700 nm. La radiación a estas longitudes excita a las moléculas de clorofila, iniciándose un flujo de energía dentro del aparato fotosintético, energía utilizada en diversas reacciones químicas y enzimáticas.

El punto de compensación de luz es aquella intensidad bajo la cual la tasa de fijación de CO_2 (fotosíntesis) es igual a la de su producción (respiración), (Hardwick, 1968).

Zeiger (1983) señala que el estoma se abre a su máximo de 15 a 60 min después de su exposición a niveles umbrales de luz, estando estos niveles en el rango de uno a dos por ciento de la luz completa del sol.

Dióxido de Carbono

Bajo condiciones de campo, la concentración de dióxido de carbono es con frecuencia el factor limitante de la fotosíntesis. La concentración de 0.033 por ciento (330 ppm) en la atmósfera está por debajo de la saturación con CO_2 para la mayoría de las plantas. La obtención de CO_2 en cantidad suficiente para el crecimiento representa un problema fundamental para las plantas, porque dependen de la difusión del CO_2 desde la atmósfera al interior de las hojas, y posteriormente de ahí a los cloroplastos, donde el CO_2 queda fijado (Sharkey, 1993).

El CO_2 es el primer sustrato para la fotosíntesis en plantas verdes, en el caso de plantas C_3 su capacidad fotosintética está limitada por los niveles de CO_2 en la atmósfera. Un incremento en CO_2 durante el crecimiento puede resultar en un aumento en la tasa de fijación de CO_2 y eventualmente mayor productividad (Vu *et al.*, 1989).

Conforme se reduce la concentración de CO_2 desciende la tasa fotosintética hasta el punto en que se iguala con la fotorespiración. En las plantas C_4 esto ocurre a 50 ppm de CO_2 , la concentración de CO_2 a la absorción y liberación de dicho compuesto se denomina punto de compensación (Kennedy *et al.*, 1988).

Idso y Kimball (1992) encontraron que incrementando la concentración de CO_2 atmosférico en árboles de naranjo agrio (*Citrus aurantium* L) se aumenta la fotosíntesis neta en más de 200 por ciento, mientras que la respiración decrece.

La máxima apertura del estoma se alcanza cerca de 0.1 mbar de presión de CO_2 o casi el 33 por ciento del ambiente, que es aproximadamente igual al punto de compensación de CO_2 . En bajas concentraciones de CO_2 se presenta apertura estomatal y en altas concentraciones cierre estomatal (Zeiger, 1983).

Temperatura

La fotosíntesis también puede ser afectada en un amplio rango de temperaturas, habiéndose detectado en experimentos hasta los 75 °C en las algas de las fuentes termales. No es posible establecer una temperatura óptima para la fotosíntesis. Experimentos hechos con plantas de 25, 30, 35 y 40 °C indican que la intensidad inicial de la fotosíntesis aumenta con la temperatura; pero al final de 30 minutos del experimento sólo las plantas de 25 °C mantienen la intensidad original de la fotosíntesis (Miller, 1981).

Una alta temperatura nocturna aumenta las pérdidas por respiración y reduce la fotosíntesis neta mientras que las temperaturas diurnas entre 25 y 30 °C la aumentan (Salisbury y Ross, 1994).

La temperatura de la hoja depende de la tasa de transpiración, intensidad de radiación neta, temperatura ambiental y la presión de vapor. Cuando los demás factores son constantes se observa que un incremento en la temperatura provoca un aumento en la apertura estomática (Devlin, 1975).

Vu, *et al.* (1989), al estudiar varias condiciones de temperatura, encontraron que ésta influyo grandemente en las características de naranja "Valencia", después de permanecer 30 días en cámaras de ambiente controlado. La tasa de intercambio de CO₂, la conductancia estomática, transpiración, clorofila, proteínas solubles fueron 48, 55, 26, 78 y 113 por ciento

mayores en el tratamiento de baja temperatura (15.6 °C día/4.4 °C noche) en comparación con los árboles que crecieron en temperaturas altas (32.2 °C día /21.1 °C noche).

La temperatura influye sobre las reacciones metabólicas en la oscuridad controladas enzimáticamente, pero las reacciones en la luz son prácticamente independientes de la temperatura. La temperatura óptima de la fotosíntesis neta para plantas C3 varía entre 20 – 26 °C, mientras que en C4 puede variar entre 35 – 40 °C. La tasa óptima de fotorespiración ocurre entre 30 – 35 °C, mientras que el óptimo para la respiración oscura es entre 40 – 45 °C (Mansfield y Jones, 1976).

Agua

En el proceso de fotosíntesis, el agua juega un papel importante debido a que en condiciones de estrés hídrico, la fijación de CO₂ es mínima o no se da. Los efectos negativos de la falta de agua son variables de acuerdo a la edad del tejido y el genotipo (Anthon y Mc Cree, 1990).

Cuando existe un déficit hídrico, se afecta el funcionamiento del estoma; y con esto el intercambio gaseoso, ya que reduce la entrada de CO₂, la transpiración y la síntesis de proteínas (Atkinson, *et al.* 1989, citados por Almaguer, 1994). A este respecto Moorby (1970), señalan que el efecto primario

después de un período de agobio de agua se manifiesta en una reducción de la tasa de fotosíntesis.

Factores internos que influyen sobre la transpiración

La transpiración al igual que la fotosíntesis, es un proceso difusivo de gases. Por esta razón algunos factores internos que afectan el flujo de bióxido de carbono, afectan también el flujo de vapor de agua. La especie, la variedad, el estado ontogénico, las resistencias que se oponen al flujo del vapor de agua, mecanismos endógenos, el estado patológico y la concentración de reguladores de crecimiento como el ácido abscísico, son algunos factores que influyen sobre la tasa de transpiración.

Kramer (1968), anota dentro de los factores genéticos de la planta que controlan la transpiración a los siguientes: profundidad y extensión del sistema radical, tamaño, forma y área total de las hojas, número, localización y comportamiento de los estomas.

Gates (1968) señala que el transporte de vapor de agua de la hoja al aire libre, es un proceso de difusión, en donde las moléculas de agua se mueven de una región de mayor concentración a otra de menor concentración. En esta trayectoria se oponen tres tipos de resistencias: estomática, cuticular y la de la

capa de frontera. La resistencia total de la hoja al vapor de agua (r_h) se define por:

$$r_h = \frac{r_e r_c}{r_e + r_c}$$

Donde:

r_h = resistencia total de la hoja (seg cm^{-1})

r_e = resistencia del estoma (seg cm^{-1})

r_c = resistencia de la cutícula (seg cm^{-1})

La resistencia total a la difusión está definida por:

$$r = r_h + r_{cf}$$

Donde:

r = resistencia total (seg cm^{-1})

r_h = resistencia de la hoja (seg cm^{-1})

r_{cf} = resistencia de la capa de frontera (seg cm^{-1})

Cuando el estoma esta abierto $r_c \gg r_e$ y entonces $r_h \cong r_e$, pero cuando está cerrado $r_e = 0$ y esto explica que $r_h = r_c$.

La resistencia de la capa de frontera o capa límite depende del tamaño del espesor de la capa de aire que rodea a la hoja, lo cual a su vez es función del tamaño, forma y orientación de la misma, de la diferencial de temperatura entre la hoja y el aire y la velocidad del viento. Cuando la resistencia a la difusión es muy baja y la velocidad del viento es alta, las hojas más pequeñas tienen mayor tasa de transpiración. Por el contrario, con resistencias grandes tienen menor velocidad de transpiración.

Gee y Federer (1972), estudiaron los cambios de color en la hoja y su contenido de clorofila sobre la resistencia estomatal en *Betula alleghemiensis* y *Fagus grandiflora*. Los resultados mostraron que cuando las hojas se encuentran verdes la resistencia a la difusión varía entre $1 - 10 \text{ seg cm}^{-1}$. Sin embargo, cuando el contenido de clorofila disminuyó por debajo de 0.4 mg g^{-1} de peso fresco y el color fue de amarillo verdoso o amarillo, las resistencias variaron de $5-35 \text{ seg cm}^{-1}$ con la consecuente disminución en la transpiración. Los autores relacionan este incremento en la resistencia sobre la base de que la senescencia y la pérdida de clorofila se asocian con la disminución de potasio en la células oclusivas.

El Color y sus Formas de Medirlo

Voos y William (1998) mencionan que el fenómeno llamado "color" involucra la interacción entre la luz (definida como por su distribución de poder

espectral relativo) la cualidad en un objeto a observarse, las características espectrales reflejantes del objeto, y la sensibilidad espectral del sistema de visión del humano. Cuando cualquiera de estos factores cambie, el color observado puede cambiar.

Los físicos, con ayuda de instrumentos (fotómetros, colorímetros) han buscado definir, medir y comparar los colores de una manera objetiva. Las observaciones se hacen generalmente sobre soluciones transparentes, claras en las que se mide la absorbancia o transmitancia; cuando se trata de superficies planas, mates (y no brillantes), opacas (y no traslúcidas), de pigmentación homogénea, se mide la reflectancia (Saez, 1989).

Los atributos básicos de percepción colorida son: a).- Hue.- una percepción de color como rojo, naranja, pongo amarillo, verde, azul, o un intermedio de percepción a éstos. b).-Luminosidad. - la calidad de un superficie reflejante con mas o menos luz que otra. c).-Chroma. - el grado de salida de gris de la misma luminosidad a veces llamado "pureza" de color. Un primer factor en la identificación de color por evaluación visual es una habilidad del los individuos de percibir colores; en las cuales existen varias anomalías de percepción de color además de la "ceguedad rojo-verde" muy conocida. La habilidad de la discriminación (dependiente en parte en la experiencia y conocimiento de la técnica colorida) también debe ser considerado, así como otros factores importantes que afectan la percepción de color en donde se incluye el tamaño de la superficie que se ve, su fondo o "entorno", la presencia

o ausencia de brillo, las direcciones de iluminación de donde se está viendo y la naturaleza de la fuente de luz. Los científicos especialistas en color han creado varios "espacio colorido" para formar rangos de colores en modelos tridimensionales. Como un primer paso visualizando un espacio colorido, considera una toronja pelada con su eje central vertical, en donde los segmentos de la fruta dispuestos radialmente alrededor del eje representan varios colores; por ejemplo, rojo, naranja, amarillo, verde, azul, y púrpura. El eje central es una escala monocromática con blanco en la punta y gris progresivamente más oscuro hacia el negro al final. Los tintes más ligeros de los colores están en la parte superior del espacio colorido, los tintes más oscuros en la parte más baja. Para cualquier color a una luminosidad dada, el color es progresivamente más cromático (menos grabado) conforme uno se acerca de un punto cerca del eje central al límite exterior del espacio colorido Voos y Hale (1998).

Es una práctica común para convertir datos del reflectante espectral de un instrumento de medición de color en los términos del CIELAB 1976 ($L^* a^* b^*$; luminosidad, coordenada de cromaticidad del verde al rojo y del amarillo al azul respectivamente) el espacio colorido, CIELAB abreviado (Comisión Internacionale del Éclairage). CIELAB se especifica para que las distancias iguales en el espacio colorido representen diferencias visualmente iguales en color. El CIELAB tridimensional el espacio colorido puede visualizarse como la transformación de nuestra "toronja" el espacio colorido en una pila de gráficos de la coordenadas rectangulares bidimensionales en cada uno de que se forma

puntos que representan los varios colores y sus grados de chroma a un nivel dado de luminosidad.

El espacio de color $L^* a^* b^*$ (también llamado CIELAB) es presentemente uno del espacio de color más popular para medir color de un objeto y se usa ampliamente en virtualmente todos campos. Es del espacio colorido uniforme definido por CIE en 1976 para reducir uno del problemas mayor del original espacio colorido Yxy : esa distancia igual en el x , y y diagrama de cromaticidad no correspondió para igualar diferencias del color percibidas. En este espacio de color, L^* indica luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas de cromaticidad.

La Figura 2.2 muestra el diagrama de cromaticidad de a^* y b^* . En este diagrama, a^* y b^* indican la dirección del color: $+a^*$ es en dirección al rojo, $-a^*$ es en dirección al verde, $+b^*$ es en dirección al amarillo y $-b^*$ en dirección al azul. El centro es acromático; como los valores de a^* y b^* incrementan y el punto se mueve fuera del centro, la saturación del color se incrementa. (Calvo, 1983).

Efectos de Plagas en la Fisiología de Plantas

Los ácaros tetráníquidos son una plaga común en la agricultura. La severidad del daño en plantas causado por araña roja es dependiente en varios factores fisiológicos y medio-ambientales incluyendo la conducta alimenticia,

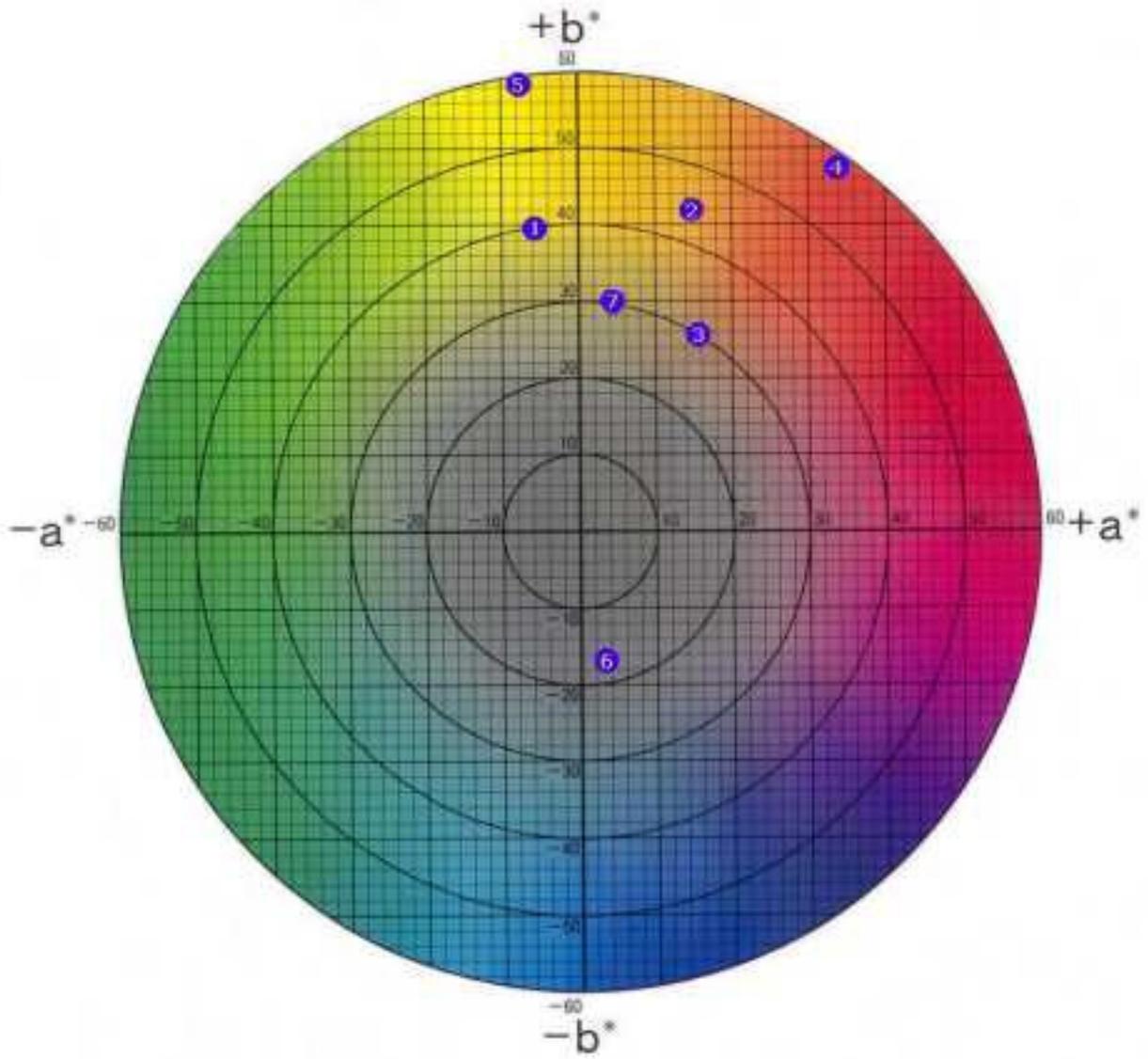


Fig.2.2. Diagrama de cromaticidad de a^* y b^*

condición fisiológica de la planta hospedera y las condiciones climáticas (Van de Vrie, *et al.* 1972).

Los estudios fisiológicos han demostrado efecto adverso de la alimentación de araña roja en la fotosíntesis y transpiración de plantas (Sances, *et al.* 1979a).

En un trabajo de Dimitova, *et al.* (1983) sobre el desarrollo de *Panonychus ulmi* Koch en árboles de durazno, se demostró que esta plaga ocasiona disturbios en el metabolismo de las hojas infestadas. Cuando el daño fue severo, la tasa fotosintética disminuyó 72.3 por ciento en relación a las hojas jóvenes.

Poskuta, *et al.* (1975) encontraron que una infestación de *T. urticae* de 0.05 a 0.15 hembras por cm² de una hoja de fresa considerada como baja tiene un efecto ligero en la fotosíntesis, mientras que una infestación de 0.3 hembras por cm² considerada como fuerte este proceso sufre una inhibición de casi 50 por ciento, en ambos casos después de tres o cuatro semanas de iniciado el ataque.

Sances, *et al.* (1979a) señalan que las tasas de transpiración y fotosíntesis están correlacionadas de forma negativa con el aumento de las infestaciones de *T. urticae* ($r^2 = 0.96$ y 0.99 , respectivamente); la fotosíntesis se redujo en forma constante con el incremento de los ácaros-día y la tasa de

reducción fue mucho mayor en el caso de la transpiración (Cuadro 2.2). Los autores concluyen que la declinación inicial y rápida de la transpiración resulta del número reducido de estomas abiertos cuando existen niveles bajos en la infestación; respecto a la fotosíntesis, señalan que fue similarmente afectada con niveles bajos de ácaros pero de forma más marcada con el incremento de la infestación.

Sances, *et al.* (1981) determinaron que la transpiración es reducida a través de la temporada cuando las poblaciones de ácaros son menores a 20 estados vivos de *T. urticae*/foliolo; además, mencionan que cuando los estomas se cierran como respuesta al ataque de los ácaros, existe una reducción significativa en la transpiración, y lo anterior ocurre antes de detectar la reducción en la fotosíntesis, lo cual sucede cuando las poblaciones sobrepasan los 100 ácaros/foliolo. Además, los autores señalan que la fotosíntesis es 16% más baja que en los tratamientos donde se controla a los ácaros y llega a ser significativamente reducida (37 por ciento) dos semanas más tarde. Otros efectos observados por estos y otros autores se presentan en el Cuadro 2.3 donde sobresalen los porcentajes de reducción en el rendimiento debido al ataque de *T. urticae*.

Jhonson, *et al.* (1983) reportó una reducción del 62% de la fotosíntesis en tejidos de hoja de tomate dañados por el minador *Liriomyza sativae* Blanchard.

Cuadro. 2.2. Porcentaje de reducción en varios procesos fisiológicos de la fresa debido al ataque de *T. urticae* de acuerdo a Sance, *et al.* (1979a b, 1980, 1981, 1982).

ADA/F*	Transpiración	Fotosíntesis	Rend Tot	Cv
75	13	14		
151		26		
442	42	42		Trufs
751		45		
1499	53	60		
3200		16		
7600			14	Trufs
9900				
153		5		
604		30		
2248			10	
2760				Trufs
6990				
8418				
11424				

* ácaros día por foliolo

Royalty, *et al.* (1989) en un estudio del efecto del ácaro del roseteado del tomate *Aculops lycopersici* (Masee) encontraron una relación lineal significativa entre la fotosíntesis neta (Y) y los ácaros por cm² (x) ($Y = 33.92 - 0.037 x$; $r^2 = 0.6549$; $P < 0.001$; $n = 46$); la regresión indica que sobre 450 ácaros-día alimentándose de hojas de tomate reduce en un 50 por ciento la fotosíntesis neta.

En plantas de fresa se encontró que hasta los 42 días después de la infestación (78 días de ser trasplantadas), la tasa de fotosíntesis en las plantas resultó estadísticamente igual con la densidad de 5 ácaros/foliolo respecto al testigo limpio; en cambio con densidades de 25, 50 y 75 ácaros/foliolo

disminuyeron significativamente dicha tasa a los 27 días después de la infestación. La conductancia estomática de CO₂ se comportó de manera similar a la fotosíntesis (Cabrera y Otero, 1994).

Sance, *et al.* (1979b) reportaron que en plantas de fresa la fotosíntesis y la transpiración fueron significativamente reducidas por altos niveles de poblaciones de ácaros. La transpiración se redujo durante la temporada iniciándose dicha reducción con 20 arañas/hoja; esto puede ser debido a el cierre estomatal y daños al mesófilo. La fotosíntesis no fue reducida en poblaciones de 100 ácaros/hoja. El autor menciona que hay una significativa reducción en la fotosíntesis con 3200 ácaros-día/hoja.

Andrews y La Pré (1979) realizaron un estudio en hojas de almendro con *Tetranychus pacificus* McGregor encontrando una correlación negativa ($r = -0.84$) entre el porcentaje del área de la superficie no dañada (100 – porcentaje de área dañada) con el número de ácaros-día/hoja. En otras relaciones lineales muy significativas (0.01 nivel) obtuvieron con la absorbancia (volumen de clorofila) con el número de ácaros-día/hoja, encontrándose valores de r para estas relaciones de -0.90 y -0.81, respectivamente. Una significativa relación lineal (0.05) con $r = 0.53$ con proporciones de transpiración contra el número de ácaros-día/hoja. Al realizar una correlación entre el daño mecánico expresado por ciento del área de la superficie no dañada, la absorbancia, la tasa de fotosíntesis y la tasa de transpiración; con valores de r de 0.90, 0.93 y 0.65, respectivamente.

En otros trabajos realizados con insectos (*Unaspis euonymy* Comstock) en plantas de *Euonymus fortunei* var. "Colorata", infestadas con diferentes estados fisiológicos se encontró que al comparar el tratamiento de medias de los infestados con el testigo, la reducción en la clorofila causado por la escala alimenticia fue en un porcentaje del 49 por ciento con el testigo. Este resultado conlleva a una reducción en la proporción de asimilación de CO_2/dm^2 de área foliar. La reducción en la proporción de asimilación de CO_2 por mg de clorofila no fue estadísticamente significativa. Pero las plantas infestadas tenían un mas bajo valor observado resultando en una reducción del 27% (Cockfield, *et al.* 1987).

Gray, *et al.* (1988) realizaron un estudio de *T. urticae* en plantas de soya, tomando diferentes colores de hojas: 1. hoja verde normal sin daño, 2. Hojas verde-pálido (con amarillo moteado), 3. Amarillo moteado mas prevaleciente y 4. Hojas con jaspeado. Señalan diferencias significativas en tasa de fotosíntesis neta, resistencia estomatal, tasa de transpiración y volumen de clorofila total entre el daño de la hoja. Como la lesión del ácaro a las hojas reflejado en el número con que se tasaron los colores; la capacidad de fotosíntesis disminuyó, la resistencia estomatal aumento, la proporción de transpiración disminuyó, y el volumen total de clorofila disminuyó. Encontrando que la resistencia estomatal es dos veces mayor en hojas de soya con color 4 que en hojas 1, esta relación fue muy significativa ($n = 20$, $R^2 = 0.75$, $P < 0.01$). La transpiración es asociada

con el aumento de la resistencia estomatal. La proporción de transpiración fueron considerablemente bajas en hoja de valor 4 que en hojas de valor 1. Mientras que para la relación entre la tasa fotosintética y la lesión de la hoja mostró una correlación positiva ($n = 20$, $R^2 = 0.75$, $P < 0.01$). Estos datos revelan que la balanza de daño pone en correlación más claramente con varios parámetros fisiológicos medidos que la estimación del daño que el ácaro hace.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” la cual se ubica a 25° 22′ latitud norte y 100° 00′ latitud oeste, con una altitud de 1743 msnm. (Mendoza, 1983), durante el periodo comprendido de abril a octubre de 1999.

El desarrollo del experimento se realizó en dos fases: la primera consistió en la selección del material vegetativo, para ello previamente se seleccionó una cama de rosal variedad “Royalty” de dos años de establecida, integrada por 96 plantas, en una extensión de 12 m de largo.

Las plantas fueron inicialmente asperjadas con clofentezine y acetato de dodemorp mismos que en el mercado se encuentran con las marcas registradas Acaristop® y Meltatox® para mantenerlas libres de ácaros y prevenir ataque de cenicilla; las aplicaciones se siguieron realizando durante los primeros 15 días.

Para uniformizar las plantas se realizó primeramente una poda “subiendo”, que consiste en podar el tallo floral en la base del nudo superior que contenga una hoja pentafoliada y posteriormente se fertilizó en base a la formula 12-04.08 g/m/mes, realizando una aplicación semanal de nitrógeno a razón de 78.26 g/cama utilizando como fuente urea (46-00-00); una aplicación mensual de fósforo, aplicando 88 ml de ácido fosfórico (00-32-00)/cama disuelto en el agua de riego y una aplicación quincenal de potasio, utilizando 96.0 g de sulfato de potasio (00-00-50)/ cama. Además se aplicó un riego homogéneo que consistió en la aplicación de 7 litros de agua diariamente por metro de cama.

Las hojas de rosal fueron etiquetadas durante los primeros 20 días posteriores a la poda, este etiquetado se realizó en aquellas plantas que presentaran la hoja separada totalmente del tallo y con una coloración rojiza.

A los 10 días de la poda se realizó la infestación de las plantas de rosal con ácaros, provenientes de una colonia mantenida en plantas de frijol para esa finalidad. La infestación consistió en la colocación de las hojas de frijol sobre las hojas de rosal y esta acción se realizó en forma uniforme.

A los 45 días después de la infestación se tomaron 30 hojas de rosal de hojas de la misma edad (50-55 días) y se le contabilizó el número de hembras adultas con ayuda de un microscopio estereoscópico 10X, inmediatamente después se procedió a tomar el color de hoja con ayuda de un Colorímetro

Minolta CM-2002, proporcionando un juego de coordenadas numéricas (L^* , a^* , b^*) especifica la situación en cualquier color dado en el Colorímetro:

En donde:

- L^* = Luminosidad (colores blancos o casi blancos).
- a^* = Es un coeficiente que mide la distancia del origen ($a^*=b^*=0$) a lo largo del eje horizontal (abscisa); interpretada de tal forma que cuando a^* es positivo esta en el color púrpura-rojo y cuando es negativo se encuentra en azul-verde.
- b^* = Es un coeficiente que mide la distancia a lo largo del eje vertical (ordenada); interpretado de tal forma que cuando b^* es positivo se encuentra en el amarillo y si es negativo en el azul.

Seguidamente se tomo el contenido de clorofila de la hoja, siguiendo la metodología de la determinación cuantitativa de las clorofilas por Fernández (1986). Para tal efecto se colocaron en un mortero 1g de hoja de rosal, cortadas en trocitos, las cuales se molieron y posteriormente se agregó 4 ml de acetona pura (80 por ciento) y se continuo moliendo el tejido hasta obtener una pasta fina, enseguida se incorporaron de nuevo 20 ml más de acetona. Inmediatamente después se transfirió cuidadosamente el extracto resultante en un embudo Buchner provisto de un disco de papel filtro Whatman 1 y se filtró al vacío. Una vez ocurrido lo anterior se agregaron nuevamente 30 ml de acetona a la pulpa de hojas y se reanudó la molienda, luego se filtró este segundo extracto y se agregó al primero; este proceso de molido y filtrado se realizó en

forma repetitiva hasta que el tejido quedo sin clorofila y tomo una coloración blanquecina; por ultimo se lavó el mortero y embudo con 10 a 30 ml de acetona que se incorporaron al filtrado. El volumen final de la muestra fue de 100 ml.

El extracto de clorofila se leyó en un espectrofotómetro, en donde se obtuvieron la densidad óptica a 645 y 663 nm, utilizando acetona como blanco.

Una vez tomadas las lecturas en el espectrofotómetro se calculó la cantidad de clorofila total mediante la formula:

$$Clorofila \ Total = 20.2 (D_{645}) + 8.02 (D_{663}) \times \frac{V}{100 \times pf}$$

Donde:

D = Densidad óptica del extracto de clorofila leída a la longitud de onda indicada en el subíndice.

V = Volumen final del extracto clorofila-acetona 80%.

pf = Peso fresco en gramos de tejido extraído.

La segunda etapa del experimento consistió de la realización de un bioensayo en donde se expusieron las colonias de *T. urticae* en estudio a la acción del acaricia avermectina mediante la técnica de hoja – arena propuesta por Ahmadi (1983), los ácaros utilizados en el bioensayo se transferían mediante un pincel 000 a hojas de plantas de rosal. Las hojas se mantenían sobre su envés en charolas provista de una esponja saturada de agua.

Las concentraciones de Avermectina® C.E. al 1.8 por ciento que se utilizaron para estos bioensayos fueron 0.1, 0.05, 0.01, 0.005 ppm y un testigo además de un adherente comercial llamado Bionex® con dos repeticiones, las observaciones se realizaron a las 24, 48 y 72 horas.

Una vez que se obtuvo la línea de respuesta concentración dosis mortalidad, se seleccionaron 5 concentraciones diferentes para aplicarse en el momento que rebasaban los rangos establecidos para el experimento que fueron de: 1-20, 21-40, 42-60, 61-80, 81-100 ácaros por hoja, con 10, 30, 50, 70 y 90 ácaros promedio por hoja, de tal forma que estas concentraciones sirvieran para separar los 5 tratamientos.

Para realizar la separación de los tratamientos, del total de plantas (96) se separaron en 12 lotes con 8 plantas cada uno y se colocaron los 5 tratamientos con un testigo (cero ácaros/hoja) con dos repeticiones y un diseño experimental bloques completamente al azar, la separación se realizó con un marco de tiras de madera con tela horganza y sujetos en los alambres de conducción del rosal.

Al inicio del establecimiento de esta fase del experimento se realizó nuevamente un corte a las varetas para dejar el material vegetativo del estudio en condiciones homogéneas. A partir de ese momento se realizó el etiquetado de hojas, la infestación y el muestreo se realizó como en la primera etapa, con

la finalidad de evitar el incremento de las poblaciones por arriba de los rangos previamente establecidos para cada tratamiento.

Posteriormente a los 60 días se seleccionaron 5 hojas de cada tratamiento de la misma fecha de etiquetado, a esas hojas se les determino la fotosíntesis neta ($\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), resistencia estomatal (s cm^{-1}), conductancia estomatal (cm s^{-1}) y transpiración ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), con un Fosintétimetro LI-6200 portátil. Con este aparato se realizaron dos lecturas: la primera de 9:00 a 12:00 horas y la segunda de 12:00 a 15:00 horas y además se les tomó el color con la misma metodología de la primera etapa del experimento.

Por ultimo se registraron los datos de calidad producción como son: longitud y diámetro de tallos y botón floral de las plantas contenidas en cada uno de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

La influencia que tienen las poblaciones de *Tetranychus urticae* en la fisiología y variables de calidad de rosal bajo condiciones de invernadero se cuantificó, mediante el desarrollo de una investigación integrada en su totalidad por dos fases: la primera de ellas consistió en el etiquetado y selección aleatoria de 30 hojas presentes en una cama del invernadero con 96 plantas, y a cada una de ellas se les determinó el número de ácaros, color (L^* , a^* y b^*) y contenido de clorofila total.

Una vez que se concluyó con lo anterior se procedió a realizar un bioensayo que permitiera conocer el grado de tolerancia que la colonia de ácaros presentes en esta cama tiene a la Avermectina®, para de esta manera seleccionar cinco concentraciones y utilizando este acaricida mantener poblaciones estables a diferentes rangos de nivel y determinar el efecto de los diferentes niveles de población de *T. urticae* en la fisiología de las hojas de rosal, como son: a).-tasa neta de fotosíntesis, b).-resistencia estomatal, c).-transpiración y d).-contenido de clorofila. Por último se determinaron los

efectos de los rangos poblacionales sobre algunas variables implicadas en la producción de rosas bajo condiciones de invernadero y las interrelaciones que existen entre la fisiología de las hojas de rosal y la calidad de las flores del mismo.

Determinación Cuantitativa de la Clorofila

Con el propósito de conocer la relación que existe entre el contenido de clorofila, el número de ácaros y el color (L^* , a^* y b^*), se seleccionaron 30 hojas a las cuales se les determinó el número de ácaros, color (L^* , a^* y b^*) y contenido de clorofila. Las determinaciones se realizaron en hojas pentafoliadas de la misma edad.

Los resultados se presentan en el Cuadro 4.1, en donde se pueden observar los valores del número de ácaros, el color y el contenido de clorofila total.

Con el análisis de regresión realizado con el método de stepwise en SAS (1989-1996 SAS institute Inc., Cary, NC, USA), el cual incluye paso por paso diferentes variable y elimina las que no tienen significancia en dicho procedimiento, se encontró que la ecuación de regresión con $r^2 = 0.9755$ fue:

Cuadro 4.1 Resultado de los muestreos realizados a los 50 días de poda de las plantas de rosal.

Muestra	Nº. de ácaros	C o l o r			ClorofilaTotal mg/g de Peso fresco
		L*	a*	b*	
1	5	53,44	-12,44	21,20	1,0878
2	86	52,83	-8,85	18,91	0,3701
3	112	51,64	-6,03	17,62	0,2007
4	32	54,56	-11,31	20,54	0,8509
5	44	52,19	-12,17	19,26	0,8679
6	68	52,35	-10,96	19,09	0,4395
7	40	53,13	-10,61	19,96	0,7222
8	88	54,34	-8,42	18,40	0,3030
9	7	53,25	-12,47	20,93	1,0725
10	36	56,01	-7,78	21,92	0,8248
11	74	53,92	-9,60	19,95	0,5184
12	39	54,05	-10,15	20,69	0,7783
13	60	53,74	-11,05	20,04	0,5317
14	81	52,04	-8,52	19,08	0,3753
15	79	51,01	-11,58	17,66	0,3896
16	49	51,04	-12,50	18,84	0,7358
17	64	54,88	-11,45	18,81	0,4430
18	93	50,62	-10,97	16,58	0,2020
19	86	51,46	-12,13	17,20	0,2576
20	72	51,96	-12,12	17,44	0,4147
21	28	55,29	-10,14	20,74	0,8012
22	80	53,45	-10,89	17,75	0,3320
23	18	53,19	-11,77	20,85	0,9720
24	14	55,15	-7,79	21,62	1,0041
25	52	54,48	-9,89	21,00	0,6764
26	29	53,30	-10,75	21,14	0,9100
27	24	54,21	-11,96	20,58	0,9559
28	47	53,52	-9,20	20,62	0,7186
29	3	54,49	-10,64	22,24	1,0297
30	83	53,06	-7,72	19,31	0,3074

$$Y = a - 0.00808126 b - 0.04313703 c - 0.00008024 bde + 0.00003333bcd$$

Donde:

Y = Contenido de clorofila mg/gr de peso del tejido

a = intercepto (2.04043796)

b = Número de ácaros

c = Valor de L* (luminosidad)

d = Valor de a* (coordenada de cromaticidad del rojo al verde)

e = Valor de b*(coordenada de cromaticidad del amarillo al azul)

Además de lo ya mencionado esta regresión indicó claramente que el número de ácaros tienen una clara injerencia en el contenido total de clorofila de la hoja. Esta regresión obtenida no dice en que grado el número de ácaros influye de manera cuantitativa en la reducción o aumento de cada uno de las variables que se indican, es por ello que en base a los resultados del Cuadro 4.1 se elaboró el Cuadro 4.2 en el que aparece el número de ácaros, el contenido de clorofila, así como el comportamiento de los indicadores de luz. Como se puede observar la presencia de un solo ácaro por hoja puede reducir el contenido de clorofílico de ella en un 26.95 por ciento y aunque al seguir aumentando el número de ácaros por hoja no mostró proporcionalidad pues a 2 ácaros la reducción fue del 27.29 por ciento y a 100 una reducción del 71.63 por ciento; de todos modos es un indicativo del gran daño que las poblaciones de ácaro provocan en la reducción de clorofila y con ello del proceso fotosintético.

Cuadro 4.2 Reducción del contenido total de clorofila por efecto del numero de ácaros, el color (L*, a* y b*) y la interrelación entre ellos.

Nº de ácaros	L*	a*	b*	Contenido de Clorofila	% de Reducción
0				2,040400000	
1	55,55	-8,84	23,32	-0,363768993	26,95
2	55,02	-9,74	22,78	-0,349277805	27,29
3	54,49	-10,64	22,24	-0,335389667	27,70
4	53,96	-11,54	21,7	-0,322243168	27,14
5	53,44	-12,44	21,2	-0,310229363	26,63
6	53,34	-12,45	21,06	-0,315587935	26,86
7	53,25	-12,47	20,93	-0,321543072	27,11
8	53,56	-11,69	21,04	-0,343731981	28,05
9	53,88	-10,91	21,15	-0,366250229	29,01
10	54,19	-10,13	21,27	-0,388082328	29,93
15	53,89	-10,98	21,36	-0,419016283	31,24
20	53,59	-11,84	20,67	-0,463152873	33,11
30	53,95	-10,47	20,84	-0,568842060	37,60
40	53,13	-10,61	19,96	-0,646543077	40,89
50	52,76	-11,19	19,92	-0,729154248	44,39
60	53,74	-11,05	20,04	-0,884084462	50,96
70	51,7	-11,34	18,54	-0,942421600	53,44
80	53,45	-10,89	17,75	-1,222992523	65,34
90	52,48	-9,69	17,18	-1,273975692	67,50
100	51,51	-10,72	16,96	-1,371301284	71,63

Bioensayo

Con el propósito de tener una herramienta que permitiera mantener las poblaciones a los rangos seleccionados para estudiar el efecto de diferentes poblaciones del ácaro de dos manchas sobre la fisiología de hojas de rosal y su interrelación con variables de producción de rosas bajo condiciones de invernadero. Se determinó realizar una serie de bioensayos

de las poblaciones del ácaro utilizado en este estudio al ácaricida Avermectina® y una vez que se conociera la respuesta de concentración-mortalidad, proceder a seleccionar 5 dosis subletales para mantener los diferentes rangos de población a estudiar.

Las concentraciones que se utilizaron fueron 0.001, 0.0005, 0.01, 0.05 y 0.1 ppm de i.a. del producto comercial. Los resultados de este bioensayo se expresan en la Figura 4.2. Como se puede observar la CL_{50} obtenida fue de 0.04189 ppm con límites fiduciales superior de 0.05762 e inferior de 0.03142, estos resultados son más altos que los reportados por Crafton y Hoy (1983) quienes observaron mortalidad de 70.0 y 56.5 por ciento a 0.01 y a 0.001 ppm respectivamente. La razón quizá de esta mortalidad de la Avermectina se deba a que los ácaros en estudio han tenido una mayor exposición del producto. Este dato también resulta menor en alrededor de 4.8 veces a lo reportado por Flores, *et al.* (1998) quien reportó una CL_{50} de 0.2043 para esta especie y con el mismo producto a las 48 horas.

Efecto de niveles poblacionales de *Tetranychus urticae* sobre la fisiología de hojas de rosal

Como ya se indicó, uno de los objetivos a cubrir en la investigación era observar que efecto tienen las poblaciones de arañita roja sobre algunos

aspectos fisiológicos en las hojas, es por ello que en base a los resultados obtenidos en los bioensayos se seleccionaron cinco concentraciones que al aplicarlas a las plantas del cultivo en estudio permitieron mantener los rangos de poblaciones estables.

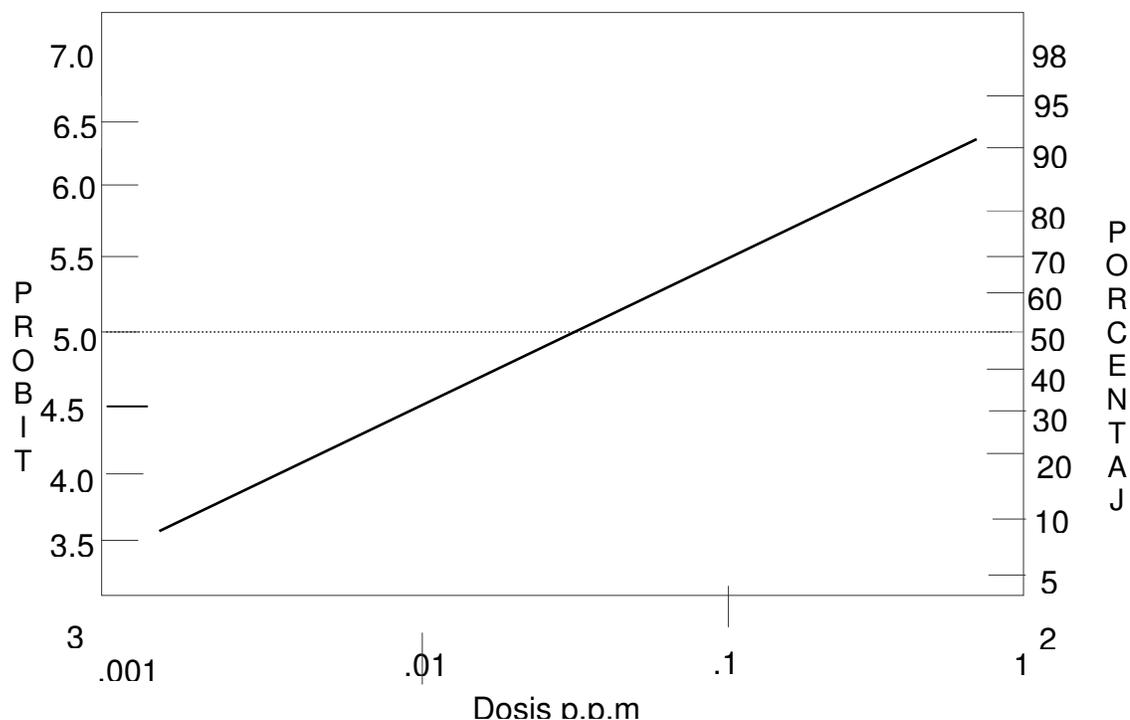


Figura 4.1. Línea concentración mortalidad de una población de *T. urticae* después de 48 horas de exposición a la Avermectina.

Efecto de niveles poblacionales de *Tetranychus urticae* sobre la fisiología de hojas de rosal

Como ya se indicó, uno de los objetivos a cubrir en la investigación era observar que efecto tienen las poblaciones de araña roja sobre algunos

aspectos fisiológicos en las hojas, es por ello que en base a los resultados obtenidos en los bioensayos se seleccionaron cinco concentraciones que al aplicarlas a las plantas del cultivo en estudio permitieron mantener los rangos de poblaciones estables.

De esta forma se inició la última fase del estudio, separando las plantas de rosal de la cama del invernadero, en cinco tratamientos y dos repeticiones por tratamiento, en donde cada tratamiento estuvo compuesto de diferentes rangos poblacionales de la arañita roja y registro de los datos de su efecto en algunos aspectos de la fisiología de hojas de rosal, como son fotosíntesis neta ($\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), resistencia estomatal (s cm^{-1}) y transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), de tal forma que en la toma de datos se incluyó el tiempo que estuvo compuesto por dos periodos: de 9:00 a 12:00 y de 12:00 a 15 hrs en cada una de las repeticiones de los tratamientos que consistieron en diferentes rangos poblacionales de 1-20, 21-40, 41-60, 61-80 y 81-100 ácaros/hoja.

Los datos registrados fueron de 5 hojas por cada repetición y en cada una de las hojas se realizaron 3 mediciones por cada periodo de lectura, a esos datos se les sometió a las pruebas estadísticas de bloques completamente al azar y posteriormente se hizo una regresión lineal de cada una de las variables en estudio.

De los diferentes rangos poblacionales se determinaron los ácaros-día/hoja en base al modelo matemático:

$$AD / H = \frac{1}{2} (P_i + P_f) \times t$$

Donde:

AD/H = ácaros-día/hoja

P_i = Población inicial

P_f = Población final

t = Tiempo en días

Con los datos de cada variable evaluada se calculo la media y la varianza; se realizo una prueba de F_{\max} con t-1 grados de libertad encontrando que era altamente significativa, por lo cual se graficó la media (x) y la varianza (y) para cada variable, encontrando que la tendencia era logarítmica positiva; de tal manera que se procedió a transformar los datos a logaritmo base diez, esto puede observarse en el Cuadro 4.3 donde se observan los promedios de cada uno de los tratamientos (5) con las repeticiones (2) y los periodos de lectura (2).

Cuadro 4.3 Promedio de datos transformados a logaritmo del efecto de diferentes densidades de araña de dos manchas y su efecto sobre la fisiología de hojas de rosal bajo condiciones de invernadero.

AD/H*	Rep ¹	Tiempo ²	Fn ³	RS ⁴	Trans ⁵
0	1	1	1.1571	0.2058	0.7288
		2	1.1620	0.0560	0.9620
	2	1	1.1333	-0.0506	0.8773
		2	1.0995	0.1319	0.9571
250	1	1	1.0761	0.1508	0.8143
		2	0.9293	0.1860	0.9150
	2	1	0.9641	0.1307	0.8056
		2	0.8643	0.1648	0.9248
750	1	1	0.8890	0.1227	0.8169
		2	0.8218	0.2095	0.8773
	2	1	0.8214	0.2216	0.7013
		2	0.8265	0.2084	0.8930
1250	1	1	0.7153	0.2783	0.6642
		2	0.7305	0.3230	0.7991
	2	1	0.6224	0.3695	0.5834
		2	0.7291	0.2823	0.8210
1750	1	1	0.4604	0.3858	0.5985
		2	0.5917	0.4294	0.6904
	2	1	0.4153	0.3264	0.6584
		2	0.5763	0.4246	0.6699
2250	1	1	0.3246	0.4206	0.5813
		2	0.5284	0.4809	0.6003
	2	1	0.2421	0.3442	0.6336
		2	0.6503	0.3809	0.7103

* ácaros-día/hoja

¹ Repeticiones

² Periodo de tiempo (1--9:00 a 12:00; 2-- 12:00 a 15:00 hrs)

³ Fotosíntesis Neta ($\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

⁴ Resistencia estomatal (s cm^{-1})

⁵ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Y con estos datos se obtuvo la probabilidad estadística del efecto de los tratamientos, tiempo y la interacción de ambos en algunos procesos fisiológicos de hojas de rosal, mismos que se presentan en el Cuadro 4.4; como se puede observar los tratamientos tienen un efecto altamente significativo en parámetros como fotosíntesis neta, resistencia estomatal y transpiración; mientras que el tiempo influyó significativa y altamente significativa en procesos de fotosíntesis y transpiración respectivamente, la interacción entre el efecto del tratamiento y el tiempo es altamente significativa en la fotosíntesis neta.

Cuadro 4.4 Efecto de los tratamientos, el tiempo y la interacción entre ambos en los procesos fisiológicos de hojas de rosal

Variable	P > F ^a		
	Fn ⁺	Rs ⁺⁺	Trans ⁺⁺⁺
Tratamiento ¹	0.001 **	0.001 **	0.0001**
Tiempo ²	0.0136*	0.2872 ^{ns}	0.0001**
Tratamiento / Tiempo	0.0006**	0.8657 ^{ns}	0.3650 ^{ns}
r ²	0.9838	0.8657	0.9141
CV	6.1036	26.4550	6.6560

¹ Diferentes densidades de ácaros/hoja

² Dos horarios de medición (9 a 12 hrs y de 12 a 15 hrs)

⁺ Fotosíntesis neta (μ mol CO₂ m⁻² s⁻¹)

⁺⁺ Resistencia estomatal (s cm⁻¹)

⁺⁺⁺ Transpiración (mol H₂O m⁻² s⁻¹)

^a Probabilidad estadística de F mayor.

Estas observaciones resultan lógicas ya que el aumento en la población de ácaros redundaría en una menor cantidad de clorofila y por lo mismo una reducción en el proceso fotosintético de la planta; por otro lado al haber una mayor apertura estomática hay menor resistencia al flujo de CO₂

del medio ambiente a las hojas y a su vez se presenta una menor resistencia del vapor de agua del interior de la hoja al medio ambiente. En lo referente al efecto del tiempo, como ya se mencionó anteriormente, se realizaron 2 periodos de lectura; el primero de 9:00 a 12:00 horas con un promedio de radiación de 227.49 ft-c y el segundo de 12:00 a 15:00 con 552.19 ft-c; lo anterior por la razón de que en esos dos periodos de tiempo es diferente la intensidad, lo cual también implica diferentes valores de radiación y por lo mismo diferente capacidad fotosintética; el efecto de la radiación en las hojas y el medio ambiente es aumentar la temperatura; y al incrementar la temperatura se acentúa la apertura de los estomas lo cual conlleva a una mayor transpiración y con ello una mayor tasa fotosintética, dicho aumento esta regulado por el contenido de CO_2 que exista y la cantidad de luz, ya que cuando una hoja se ilumina, normalmente la fotosíntesis no se inicia ni alcanza su tasa máxima por algunos minutos; ello puede atribuirse por lo menos parcialmente, al tiempo de retraso en la apertura estomática; los estomas se cierran usualmente a intensidades por debajo del punto de compensación (Bidwel, 1979). Posteriormente a la toma de datos de los procesos propios de la fotosíntesis, se determinó el color de las hojas en las mismas donde se realizaron las pruebas de fotosíntesis; los datos registrados de las 60 hojas que se analizaron, se les tomaron tres lecturas para hacer un total de 180; esas lecturas consistieron en los valores de L^* , a^* y b , y con esos datos por medio de una regresión obtenida, misma que quedo registrada anteriormente (determinación cuantitativa de la clorofila) se realizó el Cuadro 4.5, en donde se muestran los datos obtenidos tomando como

base el promedio de ácaros por hoja. Como se puede observar el tratamiento testigo presentó 0.17899 mg de clorofila total por gramo de peso fresco, mientras que a un promedio de 90 ácaros por hoja la cantidad de clorofila (mg/g) fue de 0.10095.

Cuadro 4.5 Efecto de el numero de ácaros, color y la interacción de ambos en el contenido de clorofila total, estos resultados se encontraron al aplicar la formula de regresión de la primera parte del experimento.

AD/H ¹	Promedio de ácaros por Hoja			Clorofila Total mg/gr de peso fresco	
	L*	a*	b*		
0	36,30	-7,78	11,15		0,17899
250	35,75	-5,79	9,65		0,15668
750	35,20	-7,64	11,46		0,14898
1250	35,67	-7,99	11,38		0,13471
1750	34,46	-7,07	8,85		0,10928
2250	35,42	-7,93	10,39		0,10095

¹ ácaros-día/hoja

En muchos estudios, es reportado que en hojas dañadas por ácaros, la concentración de clorofila es cambiada. Van de Vrie, *et al.*, (1972) sugieren que el contenido de clorofila es reducido en hojas de manzano después de que son infestadas por *P. ulmi*. En otros estudios, sugieren que el decremento en el contenido de clorofila es correlacionado con la duración de el periodo de alimentación y la densidad de población de los ácaros (De Angelis, *et al.* 1983a).

Sance *et al.* (1982b) señala que la principal razón de la reducción del contenido de la clorofila probablemente es el daño mecánico de los

cloroplastos durante la alimentación, la cantidad de pérdida en el contenido de clorofila depende de la especie de ácaro y de la variedad de la planta hospedera; una alta reducción en el contenido de clorofila puede ser observada cuando el ácaro se alimenta primeramente en el haz de las hojas al dañar el parenquima en empalizada, mientras que cuando se alimenta en el envés de las hojas, daña el mesofilo esponjoso que contiene menos cloroplastos; en tal caso una idéntica intensidad de alimentación resulta en una baja reducción en el contenido de clorofila.

Con la finalidad de analizar estadísticamente los resultados del efecto de las diferentes densidades poblacionales de ácaros sobre los procesos fisiológicos de la hoja de rosal, se realizó un Análisis de Varianza con una prueba de medias (Tukey); estos resultados se expresan en Cuadro 4.6.

Cuadro 4.6 La influencia de la araña de dos manchas *T. urticae* en la fisiología de hojas de rosal bajo condiciones de invernadero (Datos transformados a log).

AD/H*	Fn* *	Rs***	Trans****	Cloro*****
0	1.13800 ^a	0.08580 ^c	0.88130 a	0.07593000 ^a
250	0.95845 ^b	0.15810 ^{bc}	0.86495 a	0.07520500 ^b
750	0.83970 ^b	0.19055 ^{bc}	0.82215 ab	0.07392000 ^c
1250	0.69935 ^b	0.31330 ^{ab}	0.71695 bc	0.07251000 ^d
1750	0.51095 ^c	0.39155 ^a	0.65435 c	0.07110000 ^e
2250	0.43635 ^d	0.40670 ^a	0.63140 c	0.06977500 ^f
EE ±	0.02433	0.02915	0.02541	0.00004254

* ácaros-día/hoja

** Fotosíntesis Neta ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

*** Conductancia estomatal (s m^{-1})

**** Transpiración ($\text{mg de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

***** Contenido de clorofila

EE = Error Estándar

Como se puede observar con relación a la fotosíntesis y contenido de clorofila total el tratamiento testigo fue marcadamente diferente a todos los demás tratamientos, mientras que para la transpiración aunque se presentan diferencias estas son menores y en lo referente a la resistencia estomatal también se presentan diferencias, es importante señalar que para el caso de la clorofila conforme se aumenta el número de ácaros por hoja disminuyó el contenido de clorofila de tal forma que ninguno de los tratamientos fue estadísticamente igual. Para la fotosíntesis, los tratamientos de 250, 750 y 1250 ácaros-día/hoja (ADH) no mostraron diferencias estadísticamente entre si, pero si con los demás. En lo referente a la transpiración, el testigo y el tratamiento con la infestación más baja (250 ADH) fueron estadísticamente iguales, de igual forma los dos tratamientos con mayor densidad poblacional (1750 y 2250 ADH).

Con relación a la resistencia estomatal a mayor infestación se presenta una mayor resistencia estomatal, esto coincide con lo reportado por Sance, *et al.* (1979a) quienes mencionan que en un estudio en plantas de fresa dañadas por *T. urticae* muestran que la destrucción del aparato estomatal no fue causada por mecanismos de daño a el parenquima esponjoso, la deshidratación de las células de este tejido causa una falta de turgencia en las células guarda; esta falta de turgencia de las células guarda resulta en el cierre de los estomas; y con estos se aumenta considerablemente la resistencia estomatal, mas del 60 por ciento de los estomas fueron cerrados en hojas de fresa dañados por ácaros. Este mismo

fenómeno fue también encontrado por Towczyk y Kropczynska (1985) en hojas de crisantemo dañada por *T. urticae*, la ocurrencia del cierre de los estomas fue mas general en hojas jóvenes.

Con la finalidad de analizar estadísticamente los resultados del efecto que los ácaros tienen sobre los procesos fisiológicos de la hoja de rosal se realizó ANOVA con una prueba de media (Tukey); estos resultados se observan en el Cuadro 4.6 como se puede apreciar con relación a la fotosíntesis y contenido de clorofila total el tratamiento testigo fue marcadamente diferente a todos los demás tratamientos aunque se presentan diferencias estas son menores y en lo referente a la resistencia estomatal también se presentaron diferencias, es importante señalar que para el caso del contenido de clorofila conforme se aumenta el numero de ácaros hoja disminuyó el contenido clorofílico de tal forma que ninguno de los tratamientos fueron estadísticamente iguales. Para la fotosíntesis, los tratamientos de 250, 750 y 1250 no mostraron diferencias estadísticas entre sí, pero sí con los demás.

Basado en lo anterior, con la finalidad de realizar observaciones más precisas sobre el efecto que estos niveles poblacionales tienen sobre las variables en estudio (fotosíntesis, resistencia estomatal, transpiración y contenido total de clorofila), se realizó el Cuadro 4.7 donde aparece en términos de porcentaje de reducción observada por efecto del aumento en la

población de ácaros, es importante comentar que se tomo como base los datos registrados en el Cuadro 4.6

Cuadro 4.7 Porcentaje de reducción por efecto de la influencia de la araña de dos manchas (*Tetranychus urticae* Koch) en la fisiología de hojas de rosal bajo condiciones de invernadero.

AD/H*	Porcentaje de reducción			
	Pn**	Rs***	Trans****	Cloro*****
250	15.78	54.26	1.86	0.96
750	26.22	45.02	6.72	2.65
1250	38.55	27.38	18.65	4.51
1750	55.11	21.91	25.76	6.37
2250	61.66	21.09	28.36	8.11

* Acaros-Día/Hoja

** Fotosíntesis Neta ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

*** Conductancia estomatal (s m^{-1})

****Transpiración ($\text{mg de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

*****Contenido de clorofila (mg/g de peso fresco)

Como se puede observar, la presencia de 250 AD/H reduce en un 15.78, 54.26, 1.86 y 0.96 por ciento los procesos de fotosíntesis, resistencia estomatal, transpiración y contenido de clorofila total respectivamente; mientras que para la densidad más alta la reducción en términos de porcentaje fue de 61.66, 21.09, 28.36 y 8.11. Como se pueden observar estos resultados indican que con solo 250 AD/H lo que en esta investigación consto de un promedio de 10 ácaros/hoja se merma considerablemente la capacidad fotosintética de ella a tal grado que a 2250 AD/H esta realizando sus procesos fotosintéticos a menos de la mitad de su capacidad lo cual obviamente merma la productividad del cultivo.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Dimitova, *et al.* (1983) quienes mencionan que en hojas de durazno a altas densidades de *Panonychus ulmi* la tasa fotosintética disminuyó 72 por ciento con respecto al testigo. Mientras que Sances *et al.* (1979, 1980, 1981, 1982) menciona que en fresa con densidades de 75, 151, 442, 751 y 1499 ácaros-día-acumulados/fóliolo (ADA/F) disminuyen la tasa fotosintética en 14, 26, 42, 45 y 60 por ciento respectivamente. Otros trabajos, como el de Poskuta, *et al.* (1975) encontraron que una infestación de *T. urticae* de 0.05 a 0.15 hembras/cm² de una hoja de fresa considerada como baja tiene un efecto ligero en la fotosíntesis, mientras que una infestación de 0.3 hembras por cm² considerada como fuerte inhibe en casi un 50 por ciento la tasa fotosintética, en ambos casos después de tres o cuatro semanas de iniciado el ataque. Royalty, *et al.* (1989) señalan que en un estudio del ácaro del roseteado del tomate *Aculops lycopersici* (Masee) 450 ADA/F alimentándose de hojas de tomate reduce en un 50 por ciento la fotosíntesis neta.

Los resultados encontrados con respecto al efecto que tienen las diferentes densidades de ácaros en la resistencia estomatal, encontramos que a una menor densidad (250 AD/H) la reducción de la fotosíntesis fue de 54.26 por ciento, mientras que a la densidad mas alta (2250 AD/H) fue de 21.09 por ciento; como se puede observar al aumentar la densidad de ácaros la reducción de la resistencia estomatal se reduce; encontrando que a mayor densidad de ácaros tenemos mayor resistencia estomatal. Mientras que para la transpiración la tendencia es diferente ya que a mayor densidad de ácaros

(2250 AD/H) encontramos una menor transpiración, es decir que se encuentra el valor mas alto de la reducción (28.36 por ciento) de la misma y a 250 AD/H la reducción es de 1.86 por ciento. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Sances, *et al.*(1979) quienes mencionan que en hojas de fresa infestadas con *T. urticae* a 75, 442 y 1499 ADA/F la reducción en la transpiración es de 13, 42 y 53 por ciento respectivamente; estos mismos autores señalan que la declinación rápida de la transpiración resulta del número reducido de estomas abiertos cuando existen niveles bajos en la infestación. Gray, *et al.* (1998) en hojas de soya la resistencia estomatal es dos veces mayor en hojas dañadas por la infestación más alta que las hojas con el tratamiento testigo.

El contenido de clorofila presenta una tendencia de que al aumentar la densidad de ácaros el porcentaje de reducción de clorofila aumenta; como por ejemplo, a la densidad mas baja de 250 AD/H la reducción del contenido de clorofila total es de 0.96 por ciento y para la mas alta (2250 AD/H) la reducción es de 8.11 por ciento. Estos resultados son similares a los encontrados por Plourde, *et al.* (1983) en hojas de manzano infestados con *Panonychus ulmi* quienes señalan que a 2171 AD/H hay una reducción de considerable con respecto a la de 1561. Mientras que López (1998) menciona que en hojas de frijol 153.75 AD/H de *T. urticae* consumen un promedio de clorofila total de 0.1726 mg/g de peso de tejido.

Una forma más clara para explicar lo anterior se presenta en la Figura 4.2 en donde se observa el decremento en la capacidad de algunos de los procesos fisiológicos en estudio como son: la tasa de fotosíntesis neta, transpiración y contenido de clorofila total; mientras que para la resistencia estomatal se presenta un aumento. Como en ella se observa a densidades de 250 ADH, inmediatamente se apreció un aumento máximo de la resistencia estomatal y un aumento de la reducción en la tasa fotosintética y el efecto en transpiración y clorofila es mínimo.

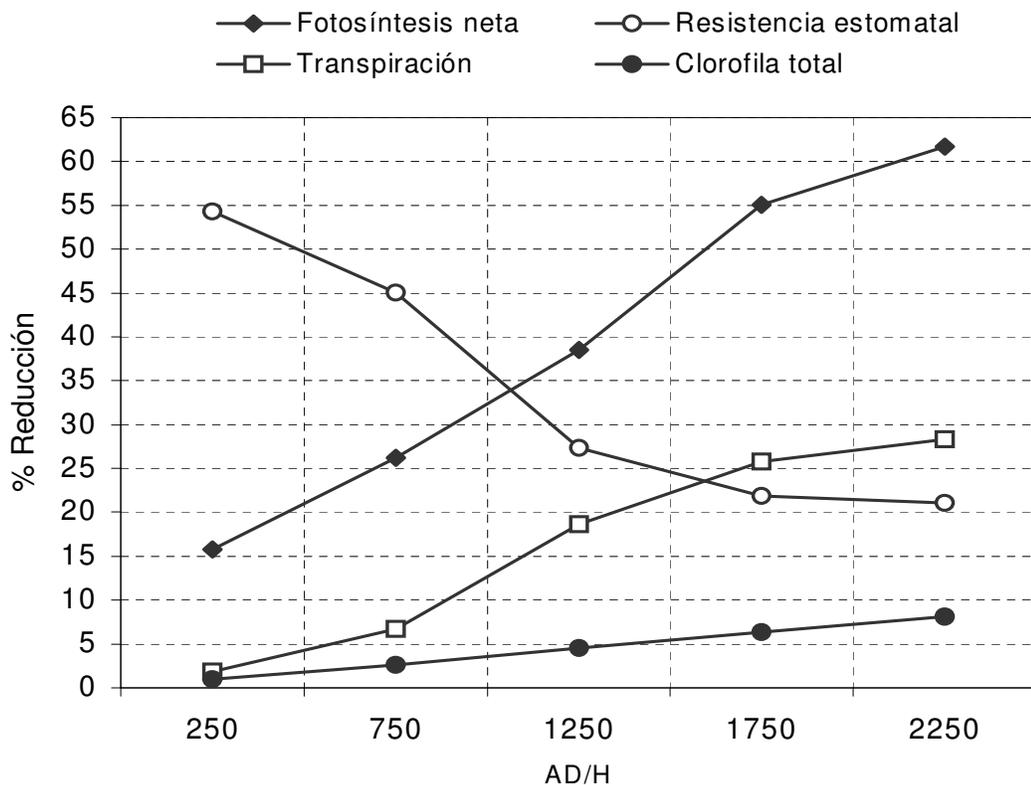


Figura 4.2 Reducción en la fisiología de hojas de rosal por efecto de diferentes poblaciones de *T. urticae* en condiciones de invernadero.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo expresado por Towczyk y Kropczyńska (1985) quienes señalan que la concentración de compuestos orgánicos de hojas (proteínas, carbohidratos, compuestos fenólicos, hormonas y clorofila), pueden también ser influenciados por el efecto de la alimentación de la arañita de dos manchas. Y que los cambios en la concentración de estos compuestos puede ejercer una influencia en la fisiología de la planta. Mientras que Kielkiewicz (1981) observó la destrucción de cloroplastos en células adyacentes a las células dañadas por efecto de la alimentación de *T. urticae* en plantas de fresa; este autor también observó la presencia de numerosas pequeñas vacuolas a lo largo del tonoplasto, también observó cambios en la estructura de organelos; estos cambios se dieron de la siguiente manera: coagulación del citoplasma, degeneración del núcleo, alteración en la estructura de la pared celular e incluso alguna degeneración en el cloroplasto; la degeneración de los procesos en los organelos se incremento en concordancia con el número de días que los ácaros se estén alimentando y en función del tiempo.

Plourde, *et al.* (1983) encontraron que en hojas dañadas por *P. ulmi* el contenido de clorofila total fue decreciendo y que esos contenidos no fueron recuperados después de que los ácaros fueron removidos. Mientras que De Angelis, *et al.* (1983) mencionaron que la reducción en el contenido de clorofila por efecto de los ácaros resulta de la disturbancia celular y la remoción de cloroplastos, en vez del aumento del metabolismo de degradación de cloroplastos. El decremento en el contenido de clorofila de

hojas también puede ser atribuido a los cambios en el contenido de cloroplastos de las células adyacentes a las células dañadas; el estrés hídrico induce que la alimentación de los ácaros pueda tener una influencia en el metabolismo de la clorofila en las células dañadas (Tomczyk A. y D. Kropczynska, 1985).

Simultáneamente con cambios citológicos y químicos en plantas dañadas, se pueden observar notables modificaciones en procesos fisiológicos básicos como son la transpiración y la fotosíntesis; en plantas dañadas por la alimentación de ácaros pierde una gran cantidad de agua por transpiración, la intensidad del incremento de estos procesos aumenta con el incremento del daño del ácaro (Atanasov, 1973 citado por Tomczyk A. y D. Kropczynska, 1985., Sances, *et al.* (1982a), estudiando plantas de fresa dañadas por *T. urticae* y hojas de aguacate dañadas por *O. Punicae*, encontraron un incremento inicial y después un decremento en la intensidad de la transpiración. La razón puede ser debido al daño de la superficie de protección de las hojas y la disturbancia a la funcionalidad de la apertura estomatal. Mientras que De Angelis, *et al.* (1982) mostraron diferencias en la influencia del daño del ácaro de dos manchas en la transpiración estomatal (día) y cuticular (noche) en hojas de *Mentha piperita* dañadas por *T. urticae*, transpiran menos durante el día que las hojas sin daño, de cualquier modo durante el periodo oscuro, la transpiración fue 3 veces mayor en hojas con daño en comparación de las hojas sin daño. El decremento en la cantidad de agua da como resultado un incremento en la resistencia radical puede ser

un factor importante en el desarrollo de estrés hídrico durante el día, esto no está claro si el cierre de la apertura estomática resulta directamente del daño por ácaros (Sances, *et al.* 1982b), o si esto puede ser considerado como una reacción de la planta al estrés que ocurre porque la intensidad de la transpiración nocturna es baja (De Angelis *et al.*, 1983b).

El decremento en la asimilación de CO₂ es proporcional a la densidad poblacional de ácaros y a la duración de el periodo de asimilación y es también correlacionado a el contenido de clorofila de las hojas (Sances, *et al.* 1979b).

Durante el desarrollo de este experimento se registraron datos referentes a la calidad de flor tales como: longitud y diámetro de tallo y botón floral; estos registros se cuantificaron durante 5 fechas de corte.

Con los datos registrados se realizó un ANOVA/Tuckey en donde se compararon las diferentes densidades con las variables ya mencionadas, estos resultados se muestran en el Cuadro 4.8 en donde se puede observar claramente el efecto que tienen las diferentes densidades poblacionales de arañita en parámetros de calidad del rosal. Como se observa en dicho cuadro no se presentaron diferencias estadísticas para los parámetros diámetro y longitud de botón y diámetro de vara y solamente en la variable longitud de vara se observaron diferencias significativas; esta significancia se

observó entre el testigo y la densidad mas alta (2250 AD/H), mientras que las demás no tuvieron diferencia estadística entre ellas.

Cuadro 4.8 Promedio de los datos transformados a ln de la influencia de *T. urticae* en parámetros de calidad del rosal.

AD/H ¹	Diámetro de Botón	Longitud de Botón	Diámetro de Vara	Longitud de Vara
0	0.96630 ^a	1.43350 ^a	0.0345 ^a	3.70260 ^a
250	0.93600 ^a	1.42015 ^a	-0.1165 ^a	3.63800 ^{ab}
750	0.87070 ^a	1.40535 ^a	-0.1815 ^a	3.58055 ^{ab}
1250	0.86245 ^a	1.40090 ^a	-0.3370 ^a	3.51530 ^{ab}
1750	0.75375 ^a	1.31085 ^a	-0.4540 ^a	3.41250 ^{ab}
2250	0.67895 ^a	1.29730 ^a	-0.5845 ^a	3.23230 ^b
EE ²	0.003172	0.002163	0.030556	0.006839

¹ Acaros-Día/Hoja

² Error Estandar

Estos datos si bien indican la influencia de las poblaciones de ácaros sobre las variables en estudio no dicen nada en forma proporcional sobre la influencia unitaria en el porcentaje de reducción de la variable, es por ello que se decidió realizar análisis de regresión lineal simple entre la densidad expresada como logaritmo natural mas uno de la media poblacional y la varianza de cada una de las variables en estudio.

Como se puede observar en el Cuadro 4.9, en la variable longitud de vara, se presentó significancia con una R cuadrada, lo que indica que los puntos se presentan relativamente ajustados a dicha línea; también se puede observar que en las variables longitud de botón y longitud de vara se

presenta significancia y una alta significancia respectivamente, y por ultimo en el caso de los datos obtenidos para diámetro de botón y diámetro de vara no hubo significancia y además de que su R cuadrada presentaron valores de 0.16 y 0.18 respectivamente, lo cual indica que simplemente los datos obtenidos de no ajustan a una regresión lineal simple.

Cuadro 4.9 Ecuaciones de regresión de las variables evaluadas en la calidad de la flor del rosal var. Royalty con relación a diferentes densidades de población de *T. urticae* bajo condiciones de invernadero.

Variable	Intercepto	E. E.	Pendiente	E.E.	r ²	Pr > F
Diámetro de Botón	0.9374	0.0745	-0.0300	0.2159	0.16	0.1944 ^{ns}
Longitud de Botón	1.4572	0.0386	-0.0257	0.1118	0.35	0,0445*
Diámetro de Vara	-0.0576	0.1584	-0.0697	0.0459	0.19	0.1594 ^{ns}
Longitud de Vara	3.7531	0.0840	-0.0775	0.0243	0.50	0.0097**

^{ns}No significativo * Significativo **Altamente significativo

En vista de los datos observados, se procedió a someter los datos de las variables longitud de botón y longitud de vara, a una serie de cálculos que nos indicaran en términos de porcentaje, el grado de reducción que se puede presentar a determinadas poblaciones estimadas. Estos cálculos se obtuvieron restando el valor máximo obtenido, para las variable donde se presentó significancia una Y estimada, de acuerdo al modelo de $\ln(y+1) = a + b \ln(x)$ donde la Y es igual a desarrollo máximo obtenido, a y b los datos de la ecuación de predicción y X la densidad a la cual se obtendrán las pérdidas en porciento. Lo anterior nos indica en forma sencilla que: con X (variable independiente) tendremos Y desarrollo (variable dependiente) todo

en base al máximo dato registrado , tomando en cuenta las líneas de regresión presentadas en las Figuras 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6; y de cada una de ellas se tomó la ecuación de regresión, mismas que se agrupan en el Cuadro 4.10.

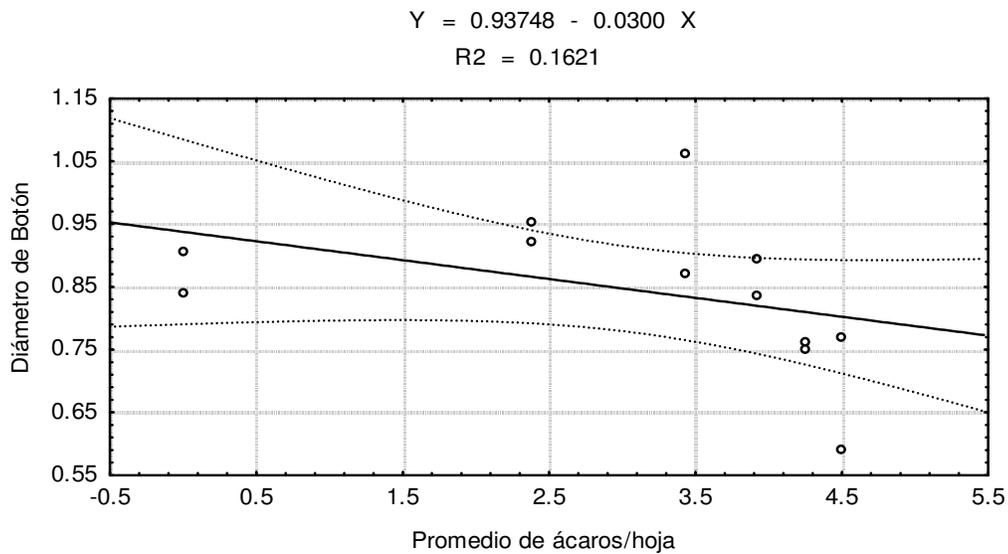


Figura 4.3 Línea de regresión de los datos transformados del diámetro de botón $\ln(y)$ y la densidad de ácaros/hoja $\ln(x+1)$.

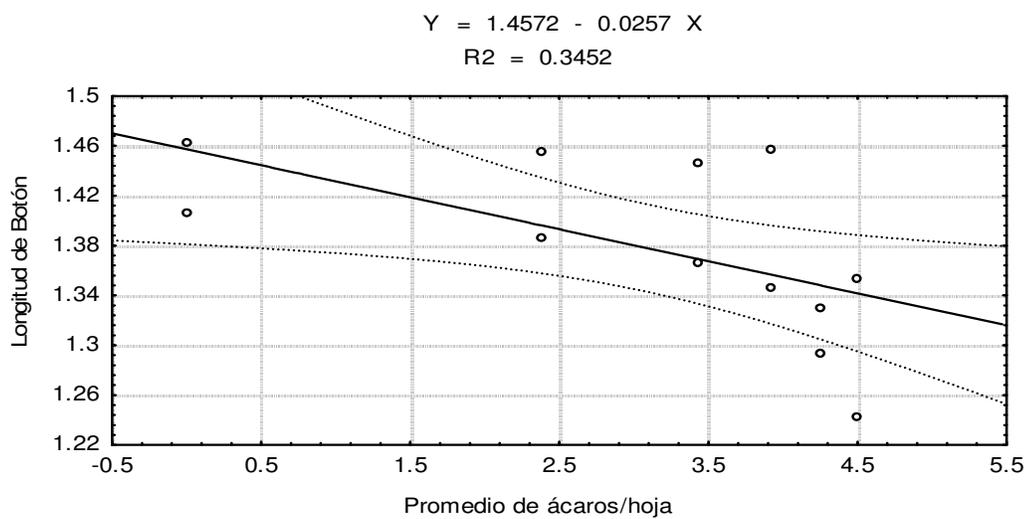


Figura 4.4 Línea de regresión de los datos transformados de la longitud de botón $\ln(y)$ y la densidad de ácaros/hoja $\ln(x+1)$.

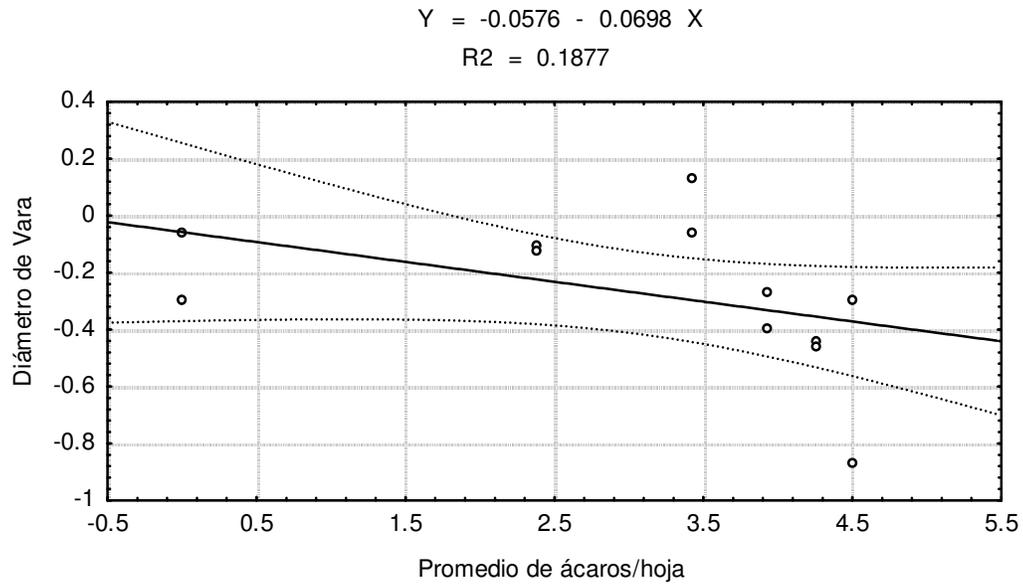


Figura 4.5 Línea de regresión de los datos transformados de la diámetro de vara $\ln(y)$ y la densidad de ácaros/hoja $\ln(x+1)$.

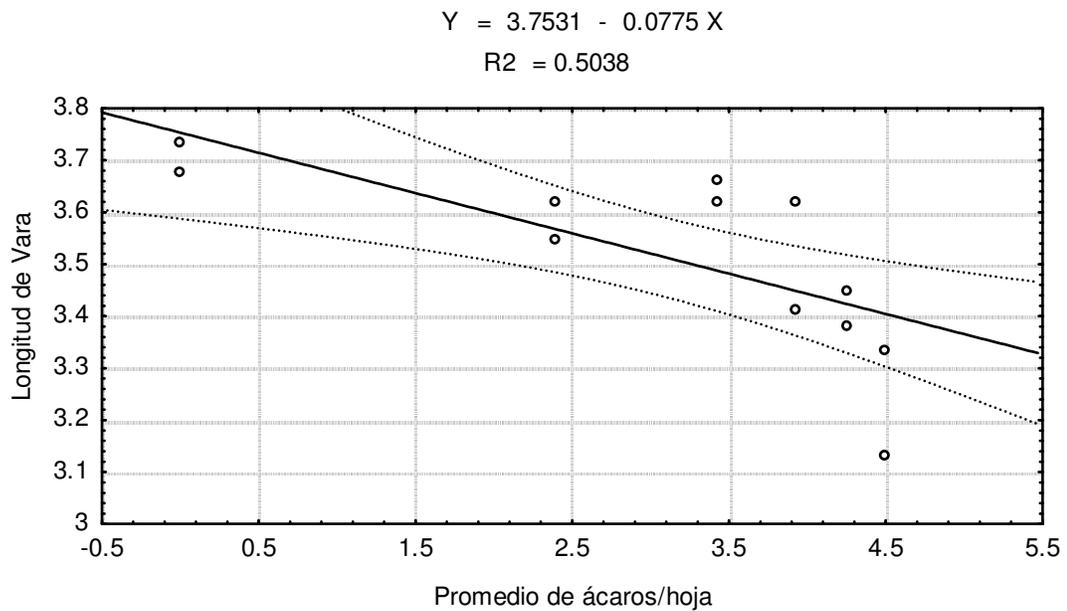


Figura 4.6 Línea de regresión de los datos transformados de longitud de vara $\ln(y)$ y la densidad de ácaros/hoja $\ln(x+1)$.

Cuadro 4.10 Pérdida y reducción de las variables longitud de botón y longitud de vara de rosa var. Royalty expuestas a diferentes densidades de *T. urticae*.

No. de ácaros	Longitud de Botón	Decre- mento	%	longitud de Vara	Decre- Mento	%
0	4,2947		0	42,6531	0	0
1	4,2190	0,076	1,76	40,4230	2,230	5,23
2	4,1753	0,044	2,78	39,1734	1,250	8,16
3	4,1445	0,031	3,50	38,3095	0,864	10,18
4	4,1206	0,024	4,05	37,6525	0,657	11,72
5	4,1016	0,019	4,50	37,1216	0,531	12,97
10	4,0382	0,063	5,97	35,4208	1,701	16,96
20	3,9717	0,067	7,52	33,6865	1,734	21,02
30	3,9318	0,040	8,45	32,6877	0,999	23,36
40	3,9030	0,029	9,12	31,9860	0,702	25,01
50	3,8821	0,021	9,61	31,4500	0,536	26,27
60	3,8643	0,018	10,02	31,0150	0,435	27,29
70	3,8489	0,015	10,38	30,6520	0,363	28,14
80	3,8362	0,013	10,68	30,3410	0,311	28,87
90	3,8262	0,010	10,91	30,0691	0,272	29,50
100	3,8144	0,012	11,18	29,8265	0,243	30,07

Basada en producción máxima de 4.31 y 1.461 para las variables longitud de botón y longitud de vara respectivamente.

Como se puede observar para el caso de la variable longitud de botón se observó un promedio de 4.29 cm y conforme se aumenta la población va disminuyendo a tal grado que 10 ácaros/hoja representan un decremento de 4.5 por ciento y a un promedio de 50 ácaros/hoja el decremento en la longitud de botón puede llegar a ser de 9.61 por ciento.

Con relación a longitud de vara, variable en la cual se observó alta significancia estadística en la regresión lineal, se obtuvo una longitud máxima en promedio de 42.65 cm; a 10 ácaros/hoja el decremento fue de 16.96 por ciento, mientras que a 50 ácaros/hoja fue de 26.29 por ciento.

Esto indica simplemente que conforme aumentan las poblaciones de la arañita roja en la planta ocasionará un impacto en el tamaño general de la flor, produciendo flores más pequeñas y más frágiles; siendo aspectos negativos del valor del producto y de la comercialización. Esto concuerda con lo expresado por Jesiotr (1978) quien menciona que las flores de plantas ornamentales dañadas por ácaros frecuentemente tienen diámetro pequeño y tallos cortos, de vez en cuando el número de flores es reducido.

Al realizar un análisis de correlaciones entre el efecto de las diferentes densidades de arañita roja en procesos fisiológicos de hojas de rosal y el efecto que estos tienen en las variables se encontró que existen correlaciones altamente significativas como son mostradas en el Cuadro 4.11.

Para un mayor entendimiento de los resultados, estos se analizan primeramente con respecto a la injerencia que hubo en los procesos fisiológicos de la hoja y posteriormente en las variables evaluadas de la calidad de la flor.

Cuadro 4.11 Correlaciones entre las variables evaluadas con respecto a el efecto de diferentes poblaciones de *T. urticae* en procesos fisiológicos del rosal y variables de calidad de flor de la rosa variedad Royalty bajo condiciones de invernadero.

Variable	Trat ¹	Fn ²	Rs ³	Trans ⁴	DB ⁵	LB ⁶	DV ⁷	LV ⁸	Cloro ⁹
Trat ¹	1.00	-0.84*	0.78*	-0.71*	-0.26	-0.51	-0.30	-0.68*	-0.77*
Fn ²		1.00	-0.95*	0.94*	0.62*	0.68*	0.62*	0.85*	0.98*
Rs ³			1.00	-0.99*	-0.61*	-0.66*	-0.64*	-0.81*	-0.95*
Trans ⁴				1.00	0.63*	0.64*	0.65*	0.79*	0.96*
DB ⁵					1.00	-0.85*	0.94*	0.79*	0.70*
LB ⁶						1.00	0.78*	0.86*	0.74*
DV ⁷							1.00	0.80*	0.68*
LV ⁸								1.00	0.88*
Cloro ⁹									1.00

Marcadas con * son significativas al $p < 0.05$

¹Tratamiento; ²Fotosíntesis; ³Resistencia Estomatal; ⁴Transpiración; ⁵Diámetro de Botón; ⁶Longitud de Botón; ⁷Diámetro de Tallo; ⁸Longitud de Tallo; ⁹Clorofila Total.

Como se puede observar la densidad poblacional del ácaro presenta una correlación negativa con respecto a los procesos fisiológicos como son: fotosíntesis neta, transpiración y contenido de clorofila total; mientras que para la resistencia estomatal, esta fue positiva, estos resultados se observan más claramente en la Figura 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10.

La tasa de fotosíntesis se encontró relacionada de forma negativa con el número de ácaros-día/hoja ($r = -0.8389$) y el modelo de regresión que presento mejor esta relación:

$$Y = 1.2084 - 0.178 \log (X)$$

$$Y = 1.2079 - 0.1780 \log X$$

$$r = -0.8380$$

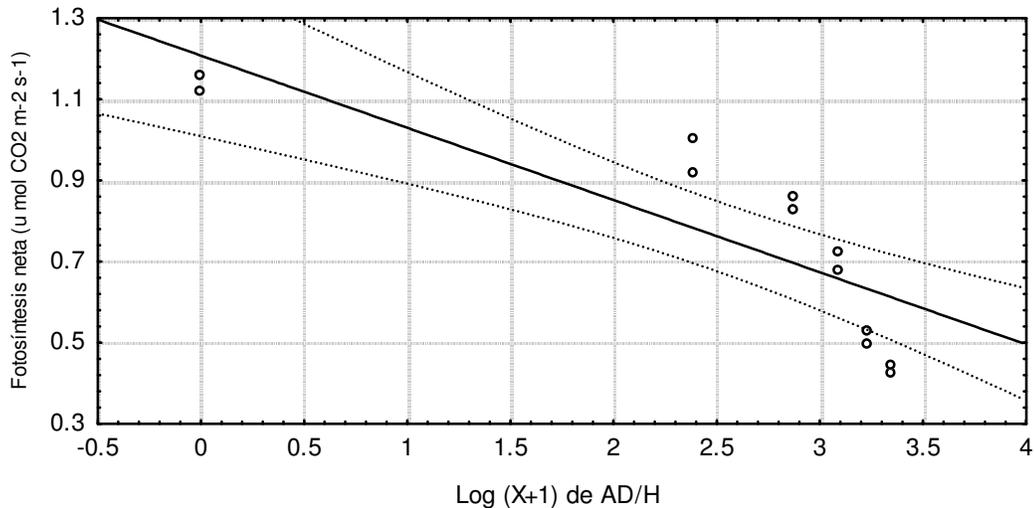


Figura 4.7 Relación entre ácaros-día/hoja y fotosíntesis neta en los diferentes tratamiento sobre rosa variedad "Royalty" bajo condiciones de invernadero

El modelo indica que es de esperarse que una hoja de rosal sin ácaros tendrá en promedio una tasa de fotosíntesis de $1.2084 \mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, pero con el aumento logarítmico de lo ácaros-día, la disminución en la tasa será de $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Similares resultados observaron varios autores por ejemplo; Sance *et al.* (1979a) encontraron que la tasa de fotosíntesis en hojas de fresa estaba correlacionada fuertemente y de manera negativa con el incremento de las infestaciones de ácaro (los ácaros-día/cm² a sus respectivos logaritmos) con coeficiente de correlación de 0.99: estos autores señalan que la fotosíntesis

es severamente reducida aunque las lesiones por la alimentación del ácaro no son visibles o tan evidentes en las plantas de fresa.

Mientras que Cabrera (1998) encontró que en plantas de fresa infestadas con *Tetranychus urticae* la tasa de fotosíntesis está fuertemente relacionada de forma negativa con la acumulación de ácaros-día ($r = -0.9868$). A su vez Royalty *et al.* (1989) en un estudio del efecto del ácaro del roseteado del tomate *Aculops lycopersici* (Masee) encontraron una relación lineal significativa entre la fotosíntesis neta (Y) y los ácaros por cm^2 (X) $-Y = 33.92 - 0.037 X$; $r^2 = 0.6549$; $P < 0.001$; $n = 46$; la regresión indica que sobre 450 ácaros-día alimentándose de hojas de tomate reduce en un 50 por ciento la fotosíntesis neta.

A su vez Andrews y La Pré (1979) realizaron un estudio en hojas de almendro con *Tetranychus pacificus* McGregor encontrando una correlación negativa ($r = -0.93$) entre el daño mecánico expresado en porcentaje del área no dañada y la tasa de fotosíntesis.

En otros trabajos realizados en soya, Gray *et al.* (1998) encontraron que la relación entre la tasa fotosintética y la lesión de la hoja ocasionada por *T. urticae* mostró una correlación positiva ($R^2 = 0.75$; $P < 0.01$; $n = 20$).

Scott *et al.* (1990), al trabajar con frambuesa roja y aunque no mencionan cifras, señalan que la relación entre poblaciones de *Tetranychus urticae* y el intercambio gaseoso fue descrita utilizando funciones logarítmicas; además señalan que la tasa de asimilación de CO₂ decreció con el incremento de los ácaros por folíolo.

De acuerdo con Sances *et al.* (1979a), la fotosíntesis tiene un descenso inicial rápido por acción de las infestaciones bajas dado que ocasiona el cierre de los estomas, pero este proceso es mas lento con el incremento de las infestaciones a través del tiempo. Por lo tanto, los resultados del presente trabajo indican que el descenso de la fotosíntesis en la planta de rosal ocurre aún con niveles bajos de población de *T. urticae* y antes de que causen daño o síntomas visibles.

En lo que respecta a la resistencia estomatal, esta presenta una relación positiva con el promedio de ácaros-día ($r= 0.7818$) y el modelo de regresión que representó este fenómeno fue (Figura 4.8):

$$Y = 0.04859 + 0.0838 \log X$$

El modelo anterior indica que la resistencia estomatal de H₂O de las hojas de rosal se ve aumentada en 0.0838 mmoles de H₂O s cm⁻¹ en promedio con el aumento logarítmico de los AD/H, y en el caso de que las plantas no fueran

infestadas por *T. urticae* el promedio de H₂O transferido por las hojas se esperaría de 0.04859 mmoles de H₂O s cm⁻¹.

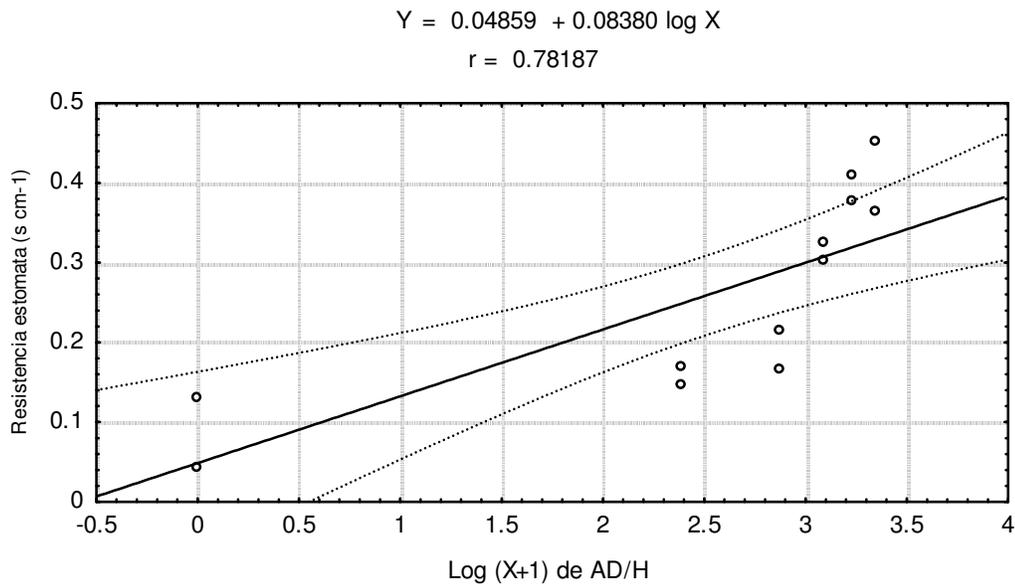


Figura 4.8 Relación entre ácaros-día/hoja y resistencia estomatal en los diferentes tratamiento sobre rosa variedad "Royalty" bajo condiciones de invernadero

Sances, *et al.* (1979b) explican que la importancia del cierre estomático de las hojas de fresa se debe a una respuesta asociada con la infestación de los ácaros; estos autores señalan que cuando los estomas estan cerrados, la resistencia estomatal se aumenta, la cantidad de CO₂ que entra a las hojas es menor y como consecuencia de ello la productividad de la planta se ve disminuida.

Gray, *et al.* (1988) encontró en hoja de soya que la resistencia estomatal es dos veces mayor en hojas de soya con alta infestación que en hojas de menor, esta relación fue muy significativa ($R^2 = 0.75$; $P < 0.01$; $n=20$).

De esta manera, al igual que la fotosíntesis, la transpiración presenta una relación negativa con el promedio de ácaros-día ($r = -0.7076$) y el modelo de regresión que representó este fenómeno fue (Figura 4.9):

$$Y = 0.91817 - 0.0627 \log X$$

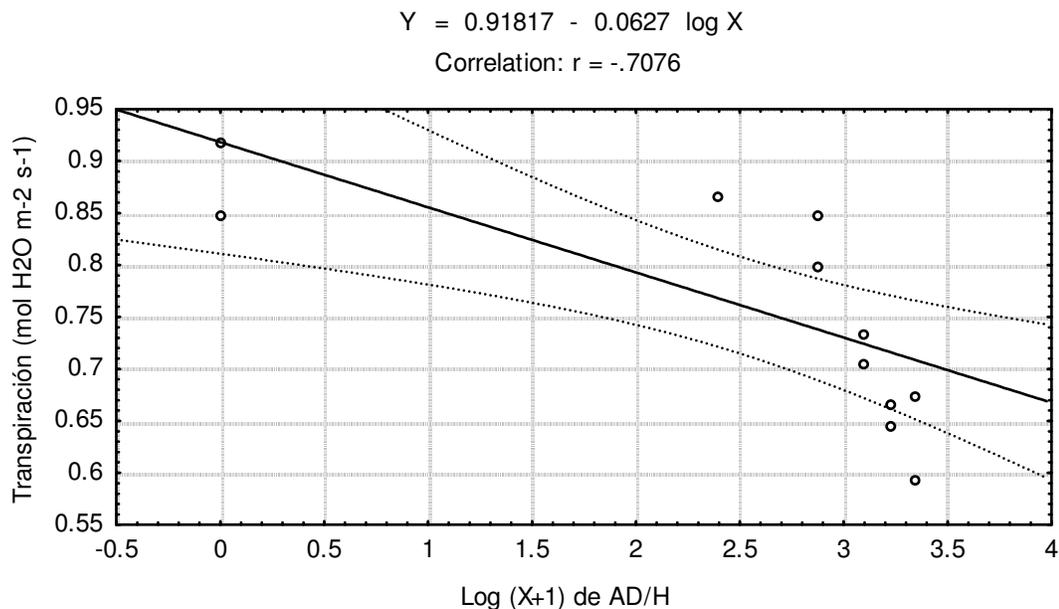


Figura 4.9 Relación entre ácaros-día/hoja y transpiración en los diferentes tratamiento sobre rosa variedad "Royalty" bajo condiciones de invernadero.

El modelo anterior indica que es de esperarse que una planta de rosal sin ácaros tendrá en promedio una tasa de transpiración de $0.91817 \text{ moles de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, pero con el aumento logaritmico de los ácaros-día, la disminución en la tasa será de $0.0627 \text{ moles de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Resultados similares observaron diferentes autores, por ejemplo; Andrews y La Pré (1979) al realizar estudios sobre hojas de almendro con *T. pacificus* McGregor encontraron una correlación negativa ($r = -0.65$) entre la tasa de transpiración y el daño mecánico expresado en porciento del área de la superficie dañada.

A su vez Gray, *et al.* (1988) en un estudio de *Tetranychus urticae* en plantas de soya, mencionan que la transpiración es asociada con el aumento de la resistencia estomatal y que la proporción de transpiración fue considerablemente mas baja en hojas con mayor infestación que en las hojas de menor infestación.

Sances *et al.*, (1981) mencionan que una declinación en la transpiración resulta del numero reducido de estomas abiertos cuando existen niveles bajos en la infestación; además, mencionan que cuando los estomas se cierran como respuesta al ataque de los ácaros, existe una reducción significativa en la transpiración, y lo anterior ocurre antes de detectar la reducción en la fotosíntesis.

El contenido de clorofila se encontró relacionado de forma negativa con el promedio de ácaros-día ($r = -0.7686$) y el modelo de regresión que representó mejor esta relación fue (Figura 4.10):

$$Y = 0.07669 - 0.0014 \log X$$

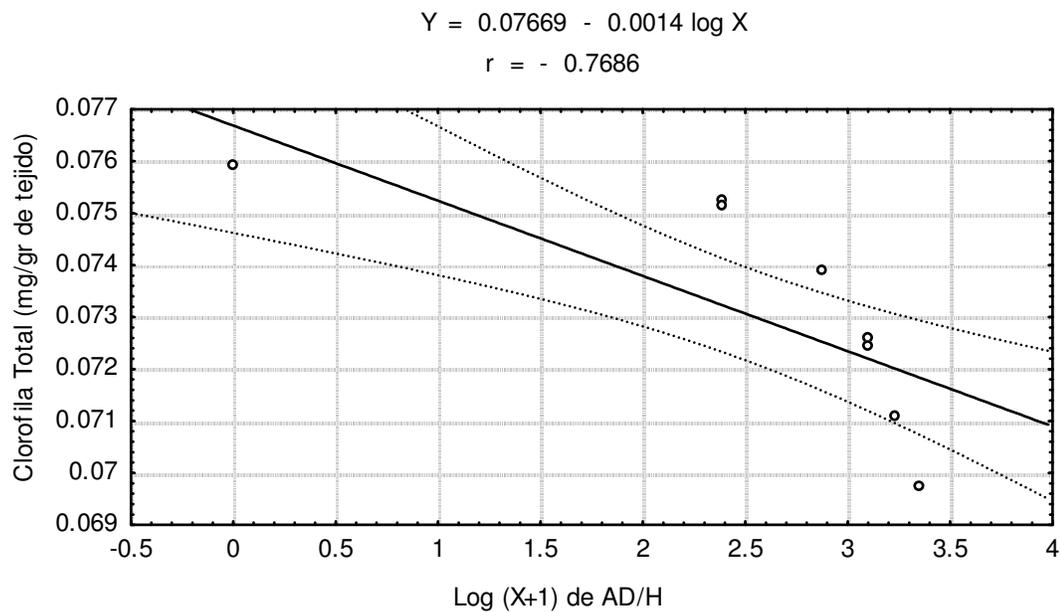


Figura 4.10 Relación entre ácaros-día/hoja y contenido de clorofila total en los diferentes tratamiento sobre rosa variedad "Royalty" bajo condiciones de invernadero.

El modelo anterior indica que el contenido de clorofila total de las plantas de rosal se ven disminuidas en 0.0014 mg/gr de peso de tejido en promedio con el aumento logarítmico de los ácaros-día/hoja, y en el caso de

que las plantas no fueran infestadas por *T. urticae* el promedio de clorofila total por las hojas se esperaría de 0.07669 mg/gr de peso de tejido.

Algo similar encontraron Andrews y La Pré (1979) en hojas de almendro infestadas con *T. pacificus* McGregor, encontrando una lata significancia con valores de r de -0.90 al relacionar de forma lineal la absorbancia (volumen de clorofila) y el número de ácaros de ácaros-día/hoja.

Gray, *et al.* (1988) encontraron que al aumentar el grado de daño de *T. urticae* en plantas de soya el contenido de clorofila disminuye drásticamente.

Efecto de niveles poblacionales de *Tetranychus urticae* Koch sobre variables de calidad de rosas.

Las relaciones de los procesos fisiológicos con respecto a las variables de calidad de flor evaluados, encontramos que las diferentes densidades de ácaros solamente tienen relación con respecto a la longitud de tallo.

El efecto final en la longitud de vara esta relacionado de forma negativa ($r = -0.6749$) con el promedio de ácaros-día (Figura 4.11); el modelo de regresión que represento esta relación fue:

$$Y = 41.834 - 3.130 \log X$$

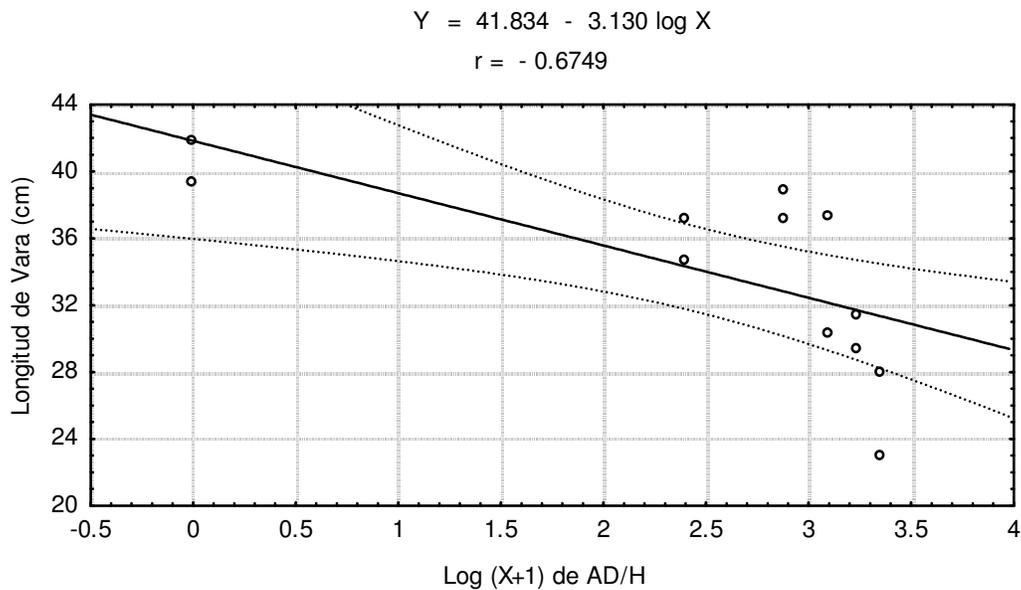


Figura 4.11 Relación entre ácaros-día/hoja y la longitud de vara en los diferentes tratamiento sobre rosa variedad "Royalty" bajo condiciones de invernadero.

Un aspecto que sobresale es que el modelo de regresión obtenido indica que sí no hubiese ácaros sobre el rosal se esperaría tener un promedio de 41.834 cm de longitud de vara; pero también indica que con el crecimiento logarítmico de los ácaros-día disminuiría 3.130 cm.

Estos resultados difieren con los obtenidos por Flores (1998) quién menciona que diferentes densidades de ácaros en plantas de rosal no producen un efecto significativo en la longitud de vara.

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado con la finalidad de conocer el efecto que tienen diferentes poblaciones de *Tetranychus urticae* Koch en procesos de fotosíntesis de hojas de rosal y parámetros de calidad de rosa bajo condiciones de invernadero.

El ácaro de dos manchas se encuentra ampliamente distribuido en todo el mundo, y esta catalogada como una de las especies de ácaros que más problemas causa a la agricultura en el mundo; a tal grado que es considerada como plaga primaria por tal motivo se han realizado estudios sobre su porcentaje de pérdidas, biología, métodos de control químico y biológico en rosal bajo condiciones de invernadero. Sin embargo, la información referente al daño que este ácaro ocasiona a nivel fisiológico en el rosal es realmente escasa, al menos con relación al proceso de fotosíntesis.

Considerando lo anterior, la presente investigación pretende sentar las bases que permitan incrementar la información del umbral económico del ácaro de dos manchas en el cultivo de rosal en condiciones de invernadero tomando

como variables de evaluación algunos procesos fisiológicos como: tasa neta de fotosíntesis, resistencia estomatal, transpiración y contenido de clorofila relacionados con variables de calidad de flor como, longitud y diámetro de vara y botón floral.

Los trabajos de investigación se llevaron a cabo en el periodo comprendido de abril a noviembre de 1999, para lo cual se seleccionó una cama con 96 plantas de rosal var. Royalty de dos años de plantadas, se podaron y se etiquetaron hojas que se presentaban separadas del tallo y con un color rojizo; de éstas se tomaron 30 y se les determinó el número de ácaros, color (L^* , a^* y b^* , que son la luminosidad, coordenadas de cromaticidad del verde al rojo y del amarillo al azul, respectivamente) y contenido de clorofila; con los resultados se realizó una regresión polinomial con el paquete computacional, encontrando una línea de regresión $Y = 2.040 - 0.00808 b - 0.043137 c - 0.00008 bde + 0.00003 bcd$ con una $r^2=0.975$, donde; Y es el contenido de clorofila, b es el promedio de ácaros/hoja, c es el valor de L^* , d es el valor de a^* y e el valor de b^* .

Posteriormente se realizó un bioensayo con ácaros de la población en estudio expuestas a diferentes concentraciones de Avermectina®, encontrando una CL50 de 0.04189, de allí se seleccionaron las dosis subletales para mantener las poblaciones a las densidades requeridas. Los rangos poblacionales que se utilizaron fueron de: 1-20, 21-40, 41-60, 61-80 y 81-100

ácaros por hoja o 250, 750, 1250, 1750 y 2250 Acaros-Día/Hoja respectivamente. Las determinaciones de los parámetros fisiológicos de: tasa neta de fotosíntesis, resistencia estomatal, transpiración y contenido de clorofila se realizó en hojas de la misma edad. Para la determinación de la clorofila se realizó en base la regresión encontrada en la primera fase.

Al analizar los resultados mediante análisis de varianza y la prueba de Tukey, nos indicaron que a 250 AD/H existe una reducción de la tasa de fotosíntesis, resistencia estomatal, transpiración y contenido de clorofila en un 15.78, 54.26, 1.86 y 0.96 por ciento respectivamente y a 1750 AD/H es del 61.66, 21.09, 28.36 y 8.11 por ciento. Estos resultados indican que al aumentar las poblaciones de ácaros disminuye la tasa de fotosíntesis neta, transpiración de clorofila y aumenta la resistencia estomatal. Posteriormente se realizó un análisis de correlaciones, comparando el efecto de los tratamientos con la tasa de fotosíntesis neta, resistencia estomatal, transpiración y contenido de clorofila encontramos una r de -0.84 , 0.78 , -0.71 y -0.77 respectivamente ($P > 0.05$, $n=12$).

Con los datos obtenidos en 5 fechas de corte se comparó el efecto que tienen las diferentes poblaciones de ácaros en parámetros de calidad de rosa como son: diámetro y longitud de botón y vara. Encontrando que al realizar un análisis de varianza (SAS) solo la variable longitud de vara presentó significancia estadística.

CONCLUSIONES

El contenido de clorofila de hojas de rosal esta fuertemente influenciado por el promedio de ácaros por hoja, el color (L^* , a^* y b^*) y las interrelaciones entre ellos.

Bajo este esquema de investigación, altas poblaciones de *Tetranychus urticae* Koch, conducen a una reducción en la tasa fotosintética, en la transpiración, en el contenido de clorofila total, y un aumento en la resistencia estomatal.

Altas densidades del ácaro de dos manchas provocan una reducción en la longitud de la vara del botón floral.

LITERATURA CITADA

- Ahmadi, A. 1983. Demographic toxicology as a method for studying the dicofol twospotted spider mite (Acari:Tetranychidae) system. J. Econ Entomol. 76:239-242.
- Almaguer, V. G. 1994. Producción forzada de naranjo (*Citrus sinenseis* L. Osbeck). Tesis Doctoral. C.P. Montecillos, México. 139 p.
- Anderson, J. M., D.J., and N. K. Boardman. 1973. Compositon of the Photosystems and Cloroplast Structure in Extreme Shade Plants. Biochim. Biophys. Acta 325: 573-585.
- Andrews, L.K. and L.E. La Pré. 1979. Effects of pacific spider mite on physiological processes of almond foliage. J. Econ. Entomol. 72:651-654.
- Anthor, J. S. and K. J. McCree. 1990. Carbon balance of stressed plants: A conceptual model for integrating research results. In: R.G. Alscher and J. R. Cumming (eds.). Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms. Plant, Biology. 12:1-16.
- Barden, A. J. 1971. Factors affecting the determination of net photosynthesis of apple leaves. Hortscience 6(5):448-451.

- Boudreaux, H.B. 1958. The effect of relative humidity on egg-laying, hatching, and survival in various spider mite. *J. Insect. Physiol.* 2:65-72.
- Bravo, M.H. et al. 1988. Plagas de frutales en México. 1ª. De. Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología. Montecillo, Edo. México. 363 p.
- Buttery, B. R. and R. I. Buzzell. 1977. The relation between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybean. *Can. J. Plant. Sci.* 57:1-5.
- Cabrera, O.J.C y G. Otero C. 1994. Influencia del ácaro *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae) en fresa *Fragaria x ananassa* cv Selva en invernadero. Avances de investigación. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. 9-10 pp.
- Calvo, G.C. 1989. Sistema CIEXYZ (1931). Diagrama de cromaticida. pp. 26-35. El color en alimentos. Medidas instrumentales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas No. 31. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Agroindustria y Tecnología de Alimentos. Santiago de Chile, Noviembre de 1989.
- Chaumont, M., J-F. Morot-Gaudry and C.H. Foyer. 1994. Seasonal and diurnal changes in photosynthesis and carbon partitioning in *Vitis vinifera* leaves in vines with and without fruit. *J. Exp. Bot.* 278:1235-1243.
- Cockfield, D.E., D.A. Portter and R.L. Houtz. 1987. Chlorosis and reduced photosinthetic CO₂ assimilation of *Euonymus fortunei* infested with *Euonymus* scale (Homoptera:Diaspididae). *Environ. Entomol.* 16(6):1314-1318.
- Coombs, J., D. O. Hall, S.P. Long, J.M.O. Scorlock. 1988. Técnicas de fotosíntesis y Bioproductividad. 258 p.

- Crocker, A. 1985. Embryonic and juvenile development. pp. 149-160. En Helle W. y W. M. Sabelis (Editores) Spider mite their biology, natural enemies and control. Vol 1A. Elsevier Science Publishing Company.
- Cuevas, G.J.J. 1990. Acaros de importancia económica en maíz. En, G.J. Vera, E. Prado y A. Lagunes Edits: Acaros fitófagos (Biología y combate): Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mex. 339 p.
- Davies, S.D., K.J. Mc Cree. 1978. Photosynthetic rate and difussion conductance as a function of age in leaves of bean plants. Crop. Sci. 18:280-282.
- De Angelis, J.D., R.E. Berry, G.W. Krantz. 1983b. Evidence for spider mite (Acari:Tetranychidae) injury-induced leaf water deficits and osmotic adjustments in peppermint. Environ. Entomol. 12:336-339.
- Diminova, M.S., Ivanov and N. Manolova. 1983. Studies on Panonychus ulmi Koch developing on peach. Gradinarska i Lozarska Nauka, 20(4):39-43.
- Estebaez, M.L. 1989. Acaros en frutales del Estado de Morelos. Instituto de Biología de la UNAM y Dirección General de Sanidad y Protección Forestal SARH. México, D.F. 360 p.
- Evans, J.R. 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. Oecología 74:9-19.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons. De. U.S.A. 338 p.

- Fernández, J. S. 1986. Fisiología vegetal experimental. I ICA. Costa Rica. 528 pp.
- Flores, C.R.J. 1999. Disposición espacial y efecto de diferentes niveles de población de la arañita de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) en el cultivo del rosal var. Royalty bajo condiciones de invernadero. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo; Coah. pp. 85.
- Flores, E.A., J. Landeros and M.H. Badii. 1998. Evaluation on population parameters of *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Prostigmata:Tetranychidae) exposed to Avermectin. 10 th. International Congress of Acarology.
- Fuentes, Y.J.L. 1993. Plagas, enfermedades y malas hierbas. 1ª. De. Publicaciones de Extensión Agrícola. Madrid, España. 115 p.
- Gaastra, P. 1958. Light conversion in field crops in comparison with the photosynthesis efficiency under laboratory conditions. Medelingen Vand De Landbouwhogeschool Tewageningen, Netherland 58 (4): 1-12.
- Gee, G.W., C.A. Federer. 1972. Stomatal resistance during senescence of hardwood leaves. Water Resour. Res. 8:1456-1460.
- Gerson U. 1985. Webbing, pp. 223-230. En Helle W. y W. M. Sabelis (Editores) Spider mite their biology, natural enemies and control. Vol 1A. Elsevier Science Publishing Company.
- Gray, M., G. Pepper and J. Fredericks. 1988. The spider mite outbreak of 1988: dis we learn enough to improve our decision-making capabilities. [http://www. URL.www.ag.uiuc.edu](http://www.URL.www.ag.uiuc.edu).

- Helle W. y L.P. Pijnacker. 1985. Partenogenesis, chromosomas and sex. pp. 129-138. En Helle W. y W. M. Sabelis (Editores) Spider mite their biology, natural enemies and control. Vol 1A. Elsevier Science Publishing Company.
- Horsley, S.B. and K.W. Gottschalk. 1993. Leaf area and net photosynthesis during development of *Prunus serotina* seedlings. Tree Physiol. 99:341-343.
- Idso, S.B. and B.A. Kimball. 1992. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on photosynthesis, respiration and growth of source orange trees. Plant Physiol. 99: 341-343.
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer, and E.W. Baker. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California Press. 614 pp.
- Krantz, G.W. 1970. A manual of Acarology. Oregon State University. Book Stores Inc. 509 p.
- Kennedy, R.A., C. Fox Theodore and W. H. Loescher. 1988. Factors affecting photosynthesis, productivity and yield. HortScience 23:33-40.
- López, G.G. 1998. Efecto de diferentes poblaciones del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) sobre hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 49 p.
- Milthorpe, F.L., J. Moorby. 1979. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press 2^a. Ed. p. 224-227.

- Miller, E. V. 1981. Fisiología Vegetal. U. T. E. H. A. México, pp. 71-76.
- Miskin, K.E. and D.C. Rasmusson. 1970. Frequency and distribution of stomatal in Barley. Crop. Sci. 10:575-578.
- Moorby, J. 1970. The production, storage and traslocation of carbohydrates in developing potao clones. Ann. Bot. 34:159-170.
- Morgan, J.M. 1984. Osmorregulation and water stress in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 35:299-319.
- Poskuta, J., A. Kolodziej and Kropczynska. 1975. Photosynthesis, photorespiration and respiration of strawberry plants as influenced by infestation with *Tetranychus urticae* (Koch). Fruit Sci. Rep. 2:1-17.
- Ramírez, D.J.M. 1991. Efecto del clima en la calidad de los cítricos. Primer Congreso Internacional de Citricultura. Martinez de la Torre, Ver. pp. 7-17.
- Reséndiz, G.B. 1985. Apuntes de Acarologia. Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. México. 124 p.
- Ryugo, K. 1988. Fruit culture. Its Science and Art. John Wiley & Sons De. Davies, CA. pp. 41-60.

- Saez, H.C. 1989. Importancia de las medidas de color en alimentos. pp. 1-25. El color en alimentos. Medidas instrumentales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas No. 31. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Agroindustria y Tecnología de Alimentos. Santiago de Chile, Noviembre de 1989.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo De. Interamericana. U.S.A. pp. 275-290.
- Sances, V.F., J. A. Wyman and J.P. Ting. 1979a. Physiological responses to spider mite infestation on strawberries. *Enviromen. Entomol.* 8(4):711-714.
- Sances, V.F., J. A. Wyman and J.P. Ting. 1979b. Morphological responses of strawberry leaves to infestation of spider mite. *J. Econ. Entomol.* 72(5):710-713.
- Sances, V.F., J.A. Wyman, I.P. Ting, R.A. Steenwyk and E.R. Oatman. 1981. Spider mite interactions with photosynthesis, transpiration and productivity of strawberry. *Environ. Entomol.* 10(4):442-448.
- Sharkey, T.D. 1993. Fotosíntesis, absorción y utilización del dióxido de carbono en un contexto ecológico. En: *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds) McGraw-Hill-Interamericana de España. Capitulo VI. 581 p.
- Slack, M.E. 1974. Studies of stomatal distribution on the leaves of four apple varieties. *J. Hort. Sci.* 49:95-103.

- Somerville, R.C. y C.S. Shauna. 1990. La fotosíntesis de las plantas. Mundo Científico No. 37:612-623.
- Syvertsen, J.P. 1984. Light accumulation in citrus leaves. II. CO₂ assimilation and light, water and nitrogen use efficiency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (6):812-817.
- Taiz, L. and E. Zaiger. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings publishing Company, Inc. Redwoodcity, Calif. Pp. 249-264.
- Teliz, O.D. y F. J. Castro. 1973. El cultivo de la fresa en México. Folleto de divulgación No. 48. INIA-CIAB. México.
- Ting, P.I. 1982. Plant Physiology. Gas exchange and stomatal physiology. Addison-Wesley series in the life science Publ. Co. Inc. P. 101-130.
- Van de Vrie, J.A. McMurtry and C.B. Huffaker. 1972. Biology, ecology, and pest status and host-plant relations of tetranychids on ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. Hilgardia. 41(13):343-432.
- Van Doorn, G.W. 1997. Water relations of cut flowers. Horticultural Reviews. 18:1-85.
- Veerman, A. 1985. Aspects of the induction and termination of diapause in a laboratory strain of the mite *Tetranychus urticae*. J. Insect Physiol. 23:703-711.
- Vu, J.C.V., H.A. Leon and G. Bowes. 1989. Leaf ultrastructure, carbohydrates and protein of soybeans grown under CO₂ enrichment. Env. Exp. Bot. 29:141-147.

Yañes, A.G. 1989. Respuesta de 6 variedades de crisantemo (*Crisanthemum morifolium* Rammat) al ataque de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. México. pp. 65.

Zeiger, E. 1983. The biology of stomatal guard cells. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 34:441-475.

Zieslin, N.A., H. Halevy, and I. Biran. 1973. Sources of variability in greenhouse rose flower production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98:321-324.

Cuadro A.1 Regresión polinomial para la determinación del contenido cuantitativo de la clorofila.

The SAS System

Step 4 Variable D Entered R-square = 0.97550554 C(p) = 3.828192

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	4	2.12292167	0.53073042	229.00	0.0001
Error	23	0.05330552	0.00231763		
Total	27	2.17622719			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	2.04043796	0.42809417	0.05265171	22.72	0.0001
A	-0.00808126	0.00079087	0.24198817	104.41	0.0001
D	-0.04313703	0.01981631	0.01098245	4.74	0.0400
ACD	-0.00008024	0.00002606	0.02197001	9.48	0.0053
ABC	0.00003333	0.00000977	0.02698116	11.64	0.0024

Bounds on condition number: 252.9954, 1878.341

Donde:

- A = Promedio de ácaros/hoja
- B = Valor de L*
- C = Valor de a*
- D = Valor de b*

Cuadro A.3 Promedio de datos sin logaritmizar de tasa neta de fotosíntesis, resistencia estomatal, conductancia estomatal y transpiración del primer periodo de lectura (9:00 a 12:00 hrs) de cada tratamiento

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
0	1	1	33,650	1,0350	0,9658	8,306
			31,530	1,0660	0,9381	8,303
			30,550	1,0610	0,9421	8,343
		2	16,080	1,2680	0,7885	7,623
			14,920	1,3020	0,7679	7,531
			7,759	1,3450	0,7433	7,376
		3	12,960	0,9449	1,0580	9,573
			12,530	0,9507	1,0510	9,610
			11,560	0,9461	1,0560	9,649
		4	10,940	1,6120	0,6200	8,715
			10,150	1,6140	0,6194	8,829
			9,382	1,6430	0,6085	8,801
		5	13,930	0,9019	1,1080	12,230
			13,080	0,9013	1,1090	12,240
			12,380	0,9017	1,1080	12,260
0	2	1	20,390	2,3420	0,4269	5,552
			17,110	2,4420	0,4093	5,405
			15,810	2,4650	0,4055	5,392
		2	10,320	1,5710	0,6363	9,045
			9,765	1,5850	0,6308	8,946
			9,043	1,5930	0,6274	8,898
		3	13,920	0,9222	1,0840	11,520
			11,410	0,9221	1,0840	11,340
			10,480	0,9083	1,1000	11,390
		4	13,000	1,2630	0,7916	9,683
			12,900	1,2610	0,7929	9,710
			11,700	1,2730	0,7855	9,667
		5	13,640	1,0400	0,9612	11,260
			12,260	1,0200	0,9797	11,290
			11,330	1,0250	0,9747	11,360
			193,078	21,6326	11,6898	140,458

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
1	1	1	7,589	1,7370	0,5754	8,081
			6,671	1,7170	0,5823	8,240
			6,175	1,6840	0,5935	8,335
		2	8,476	1,5360	0,6507	8,439
			8,314	1,5880	0,6293	8,212
			6,845	1,6260	0,6147	8,072
		3	12,880	0,9457	1,0570	10,880
			12,390	0,9404	1,0630	10,880
			12,900	0,9462	1,0580	10,900
		4	12,920	1,6100	0,6209	7,447
			11,750	1,6290	0,6135	7,462
			10,740	1,6370	0,6107	7,412
		5	6,139	2,0400	0,4901	6,776
			5,521	2,0290	0,4927	6,917
			5,068	2,0690	0,4832	6,844
1	2	1	8,725	2,2080	0,4527	6,543
			8,050	2,2450	0,4453	6,476
			7,472	2,3090	0,4330	6,330
		2	6,515	1,8680	0,5352	7,633
			6,180	1,8810	0,5314	7,608
			6,489	1,9040	0,5249	7,542
		3	9,120	1,6290	0,6138	7,768
			7,098	1,6720	0,5979	7,620
			6,393	1,6390	0,6100	7,827
		4	6,392	1,0010	0,9983	10,630
			6,326	1,0190	0,9805	10,720
			5,997	1,0110	0,9888	10,540
		5	9,144	0,9425	1,0610	10,350
			8,830	0,9481	1,0540	10,470
			8,285	0,9415	1,0620	10,510

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1} \text{cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
2	1	1	7,349	1,3430	0,7442	9,151
			6,133	1,3340	0,7496	9,099
			5,028	1,3410	0,7456	9,020
		2	8,635	1,8980	0,5267	6,645
			7,902	1,9060	0,5244	6,645
			7,103	1,9240	0,5197	6,621
		3	5,476	2,0660	0,4838	6,049
			4,566	2,0530	0,4868	6,063
			3,746	2,0380	0,4906	6,088
		4	4,846	1,4790	0,6758	7,814
			6,679	1,4750	0,6776	7,926
			5,765	1,4880	0,6717	7,898
		5	11,180	1,4360	0,6963	8,337
			10,310	1,4320	0,6981	8,467
			9,611	1,4370	0,6954	8,516
2	2	1	7,187	1,8540	0,5392	7,257
			7,024	1,8560	0,5387	7,260
			6,143	1,8540	0,5393	7,273
		2	7,007	1,9290	0,5182	7,186
			6,635	1,9310	0,5176	7,216
			6,465	1,9350	0,5168	7,216
		3	5,846	1,4990	0,6708	7,894
			6,079	1,4750	0,6776	7,926
			5,765	1,4880	0,6717	7,898
		4	9,737	1,1160	0,8957	9,382
			7,518	1,0870	0,9198	9,347
			7,489	1,0690	0,9350	9,388
		5	6,499	1,8680	0,5352	7,533
			5,811	1,9010	0,5258	7,449
			6,327	1,9190	0,5210	7,598

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
3	1	1	3,641	1,8920	0,5284	7,432
			5,138	1,8750	0,5332	7,471
			5,572	1,8480	0,5410	7,552
		2	5,430	2,2700	0,4403	6,386
			4,046	2,2710	0,4402	6,436
			4,591	2,2950	0,4356	6,421
		3	6,533	2,4790	0,4033	5,033
			6,303	2,4320	0,4111	5,151
			5,618	2,4470	0,4085	5,136
		4	4,593	2,7450	0,3642	4,960
			3,687	2,6720	0,3741	5,114
			3,342	2,6570	0,3762	5,115
		5	9,456	1,4810	0,6748	7,888
			8,554	1,4520	0,6887	8,028
			8,151	1,4590	0,6850	8,009
3	2	1	5,781	1,6210	0,6166	7,107
			4,846	1,5640	0,6392	7,231
			4,244	1,5550	0,6428	7,211
		2	5,665	1,5390	0,6493	7,700
			5,070	1,5460	0,6466	7,623
			4,427	1,5530	0,6439	7,610
		3	4,445	2,4260	0,4121	5,630
			3,528	2,4210	0,4130	5,638
			3,259	2,4810	0,4029	5,492
		4	6,068	2,5320	0,3949	6,117
			5,608	2,5740	0,3884	6,051
			5,064	2,5910	0,3859	6,038
		5	10,470	1,6820	0,5945	6,807
			6,319	1,6600	0,6024	6,863
			9,822	1,7120	0,5839	6,849

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
4	1	1	4,979	2,1720	0,4602	5,569
			4,735	2,1730	0,4601	5,598
			4,599	2,1710	0,4604	5,609
		2	5,457	3,2490	0,3077	3,940
			4,549	3,1730	0,3151	4,107
			3,996	3,1810	0,3143	4,129
		3	2,158	3,1530	0,3170	4,884
			1,841	3,1140	0,3211	4,969
			1,705	3,1340	0,3190	4,955
		4	6,512	3,2310	0,3094	4,211
			5,977	3,2070	0,3118	4,269
			5,791	3,1770	0,3147	4,322
		5	3,974	2,0150	0,4960	5,907
			3,614	1,9990	0,5002	5,955
			3,185	2,0110	0,4970	5,916
4	2	1	6,033	1,9140	0,5222	7,177
			5,346	1,9160	0,5216	7,214
			4,987	1,9350	0,5166	7,169
		2	4,447	2,7860	0,3588	4,553
			3,517	2,7980	0,3573	4,583
			3,330	2,8370	0,3524	4,544
		3	2,818	3,1470	0,3177	4,202
			2,441	3,1740	0,3149	4,193
			2,276	3,1860	0,3138	4,193
		4	4,649	3,3450	0,2989	4,020
			3,864	3,3450	0,2988	4,053
			3,582	3,3340	0,2998	4,076
		5	4,045	2,3030	0,4341	4,044
			3,626	2,3140	0,4320	4,036
			3,443	2,3530	0,4248	3,973

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
5	1	1	2,974	2,9120	0,3434	5,346
			2,830	2,9200	0,3424	5,367
			2,530	2,9380	0,3403	0,536
		2	1,790	3,5570	0,2810	3,860
			2,000	3,5880	0,2786	3,875
			1,723	3,6170	0,2764	3,867
		3	2,988	2,7360	0,3654	5,443
			2,366	2,8230	0,3542	5,335
			2,204	2,8570	0,3499	5,492
		4	8,364	2,8640	0,3490	4,424
			8,126	2,8870	0,3463	4,438
			7,735	2,9220	0,3421	4,419
		5	5,226	2,9360	0,3405	4,391
			3,427	3,0020	0,3330	4,327
			4,370	3,0190	0,3312	4,323
5	2	1	5,726	1,0390	0,9616	11,680
			6,287	1,0580	1,0580	11,800
			6,633	1,0420	1,0420	11,820
		2	1,170	4,5810	0,2182	3,143
			0,592	4,6270	0,2161	3,148
			-37,290	4,7020	0,2126	3,119
		3	3,066	2,5050	0,3991	5,300
			2,055	2,4910	0,4013	5,323
			2,567	2,5040	0,3992	5,297
		4	4,045	2,3030	0,4341	4,044
			3,626	2,3140	0,4320	4,036
			3,443	2,3530	0,4248	3,973
		5	7,786	2,8420	0,3517	4,513
			-20,000	2,8360	0,3524	4,547
			7,249	2,8700	0,3483	4,513

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

Cuadro A. 3 Promedio de datos sin logaritmizar de tasa neta de fotosíntesis, resistencia estomatal, conductancia estomatal y transpiración del segundo periodo de lectura (12:00 a 15:00 hrs) de cada tratamiento

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴	
0	1	1	12,38	1,821	0,5490	4,798	
			11,57	1,824	0,5481	4,890	
			10,87	1,887	0,5298	4,788	
		2	13,91	1,845	0,5418	4,950	
			13,30	1,864	0,5363	5,016	
			13,62	1,956	0,5111	4,872	
		3	17,53	2,862	0,3493	3,639	
			18,07	2,518	0,3971	4,152	
			14,74	2,743	0,3645	3,840	
	4	17,99	1,505	0,6642	5,360		
		17,79	1,478	0,6762	5,517		
		20,17	1,427	0,7063	5,788		
	5	13,49	0,787	1,2700	8,511		
		11,62	0,771	1,2960	8,580		
		12,26	0,761	1,3140	8,673		
	0	2	1	16,13	0,890	1,1230	7,932
				14,16	0,860	1,1620	8,123
				15,24	0,842	1,1870	8,120
2			9,90	1,097	0,9107	6,704	
			10,74	1,097	0,9109	6,697	
			10,50	1,088	0,9187	6,742	
3			13,53	0,903	1,1070	6,907	
			14,41	0,893	1,1190	6,965	
			14,48	0,880	1,1360	7,043	
4			16,32	0,781	1,2800	8,404	
			17,32	0,755	1,3240	8,454	
			17,28	0,746	1,3390	8,469	
5			11,12	0,893	1,1200	7,348	
			12,85	0,868	1,1520	7,708	
			13,05	0,854	1,1710	7,897	

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
1	1	1	11,88	1,660	0,6023	4,953
			10,60	1,654	0,6045	4,983
			9,94	1,680	0,5952	4,914
		2	10,82	1,101	0,9075	7,443
			12,04	1,080	0,9255	7,581
			11,96	1,074	0,9308	7,619
		3	12,88	0,946	1,0570	10,880
			12,39	0,940	1,0630	10,880
			11,85	0,945	1,0580	10,900
		4	8,90	1,522	0,6568	6,020
			11,12	1,526	0,6549	6,056
			13,52	1,530	0,6535	6,072
		5	13,52	2,153	0,4642	4,796
			15,12	2,185	0,4576	4,797
			13,75	2,207	0,4529	4,791
1	2	1	13,61	1,300	0,7687	6,516
			13,29	1,335	0,7487	6,459
			12,99	1,356	0,7369	6,416
		2	8,02	1,210	0,8261	6,465
			8,19	1,206	0,8289	6,491
			10,08	1,198	0,8343	6,521
		3	2,18	1,383	0,7229	6,508
			9,18	1,398	0,7152	6,542
			12,06	1,408	0,7100	6,549
		4	8,71	0,855	1,1680	8,930
			7,58	0,853	1,1710	8,945
			9,10	0,854	1,1700	8,939
		5	10,95	2,335	0,4282	4,349
			10,61	2,351	0,4253	4,368
			11,04	2,380	0,4200	4,338

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
2	1	1	8,37	1,282	0,7797	5,520
			7,91	1,285	0,7779	5,523
			7,47	1,277	0,7826	5,563
		2	10,95	1,506	0,6638	7,937
			9,94	1,511	0,6616	7,856
			7,85	1,531	0,6531	7,752
		3	6,21	2,043	0,4892	4,164
			6,51	2,042	0,4896	4,221
			6,15	2,040	0,4899	4,260
		4	9,21	0,872	1,1470	9,166
			8,72	0,861	1,1610	9,168
			8,34	0,866	1,1540	9,141
		5	8,61	1,195	0,8364	7,217
			6,24	1,196	0,8355	7,236
			5,74	1,193	0,8381	7,284
2	2	1	5,70	1,910	0,5233	4,294
			5,88	1,932	0,5174	4,298
			5,48	1,922	0,5200	4,282
		2	6,29	1,958	0,5106	4,442
			6,57	2,030	0,4924	4,353
			6,02	2,015	0,4962	4,412
		3	7,48	1,901	0,5259	4,590
			7,08	1,938	0,5158	4,562
			7,38	1,959	0,5103	4,539
		4	6,87	1,068	0,9358	7,018
			6,99	1,072	0,9325	7,036
			6,00	1,076	0,9291	7,053
		5	6,97	1,574	0,6350	5,280
			7,94	1,616	0,6185	5,303
			7,35	1,643	0,6084	5,286

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴
3	1	1	5,05	1,765	0,5665	4,709
			4,54	1,769	0,5651	4,786
			6,17	1,751	0,5709	4,884
		2	4,80	1,935	0,5167	5,267
			7,60	1,927	0,5188	5,327
			4,42	1,925	0,5160	5,249
		3	4,56	2,071	0,4826	4,449
			4,36	2,112	0,4734	4,419
			4,06	2,106	0,4747	4,429
		4	5,69	2,381	0,4199	3,235
			6,06	2,460	0,4063	3,265
			5,22	2,550	0,3920	3,224
		5	6,75	1,400	0,7142	5,687
			5,17	1,408	0,7099	5,736
			4,64	1,406	0,7111	5,858
3	2	1	4,74	1,622	0,6163	5,414
			4,52	1,603	0,6338	5,493
			3,95	1,598	0,6254	5,492
		2	4,04	2,358	0,4240	3,501
			2,68	2,542	0,3933	3,393
			2,52	2,836	0,3525	3,123
		3	4,51	2,223	0,4497	3,551
			4,87	2,205	0,4534	3,592
			3,39	2,431	0,4113	3,585
		4	4,89	2,479	0,4032	3,606
			6,65	2,523	0,3962	3,586
			4,31	2,852	0,3505	3,605
		5	4,60	3,155	0,3169	3,351
			4,69	3,145	0,3179	3,397

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴	
4	1	1	2,91	2,044	0,4892	4,521	
			2,98	2,123	0,4709	4,496	
			2,27	2,098	0,4766	4,557	
		2	2,53	2,833	0,3529	3,506	
			2,36	2,893	0,3456	3,482	
			2,02	2,940	0,3400	3,460	
		3	4,95	2,846	0,3513	3,426	
			4,76	3,027	0,3303	3,302	
			4,27	3,050	0,3277	3,305	
	4	3,00	2,836	0,3525	3,651		
		2,30	2,913	0,3432	3,602		
		2,52	2,972	0,3363	3,554		
	5	3,22	1,647	0,6071	5,125		
		2,28	1,626	0,6147	5,192		
		2,64	1,615	0,6189	5,221		
	4	2	1	4,38	1,858	0,5382	5,423
				2,89	1,875	0,5331	5,421
				4,44	1,901	0,5259	5,369
2			2,00	2,595	0,3853	3,582	
			1,76	2,609	0,3832	3,598	
			1,47	2,619	0,3818	3,602	
3			2,64	2,279	0,4387	4,228	
			2,51	2,267	0,4409	4,300	
			2,28	2,297	0,4352	4,280	
4		2,30	3,435	0,2911	3,048		
		2,17	3,514	0,2845	3,026		
		2,08	3,589	0,2785	2,985		
5		3,68	1,081	0,9243	7,876		
		3,25	1,094	0,9134	7,828		
		3,11	1,104	0,9050	7,776		

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	Pn ¹	Rs ²	Cs ³	TRANS ⁴		
5	1	1	0,37	2,402	0,4162	4,026		
			4,38	2,421	0,4129	4,011		
			1,56	2,428	0,4117	4,017		
		2	1,98	3,606	0,2772	2,944		
			2,12	3,798	0,2632	2,849		
			1,51	3,858	0,2591	2,836		
		3	3,15	2,129	0,4696	4,822		
			2,89	2,186	0,4574	4,800		
			1,45	2,224	0,4495	4,766		
		4	3,06	2,728	0,3665	3,559		
			3,02	2,768	0,3612	3,560		
			2,80	2,808	0,3560	3,536		
		5	2,42	2,290	0,4365	4,118		
			2,53	2,326	0,4298	4,086		
			2,18	2,336	0,4280	4,087		
		5	2	1	3,67	0,760	1,3150	9,558
					2,14	0,747	1,3380	9,621
					-1,12	0,737	1,3570	9,705
2	1,22			4,180	0,2392	2,680		
	1,21			4,366	0,2290	2,606		
	1,35			4,478	0,2232	2,567		
3	0,94			2,525	0,3959	4,088		
	1,13			2,563	0,3900	4,097		
	0,35			2,605	0,3837	4,073		
4	4,05			2,303	0,4341	4,044		
	3,63			2,314	0,4320	4,036		
	3,44			2,353	0,4248	3,973		
5	2,78			2,650	0,3773	3,588		
	2,24			2,744	0,3643	3,547		
	2,11			2,773	0,3605	3,549		

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

Cuadro A.4 Promedio de fotosíntesis neta, resistencia estomatal, conductancia estomatal y transpiración de cada tratamientos con dos repeticiones y dos tiempos.

TRAT	REP	TIEMPO ¹	Pn ²	Rs ³	Cs ⁴	TRANS ⁵
0	1	1	14,62	1,7370	0,6836	5,558
0	1	2	16,093	1,1662	0,8989	9,293
0	2	1	13,80	0,8960	1,1307	7,568
0	2	2	12,872	1,4422	0,7793	9,364
1	1	1	12,02	1,4800	0,7389	6,846
1	1	2	8,959	1,5823	0,6757	8,326
1	2	1	9,84	1,4280	0,7783	6,556
1	2	2	7,401	1,5479	0,7259	8,571
2	1	1	7,88	1,3800	0,7840	6,801
2	1	2	6,955	1,6433	0,6258	7,623
2	2	1	6,67	1,7080	0,6181	5,117
2	2	2	6,769	1,6521	0,6348	7,855
3	1	1	5,27	1,9310	0,5359	4,702
3	1	2	5,644	2,1517	0,4870	6,409
3	2	1	4,02	2,2380	0,4096	3,646
3	2	2	5,641	1,9638	0,5344	6,664
4	1	1	3,00	2,4980	0,4238	4,027
4	1	2	4,205	2,7440	0,3803	4,956
4	2	1	2,73	2,2740	0,5106	4,823
4	2	2	3,894	2,7125	0,3842	4,802
5	1	1	2,36	2,687	0,3863	3,868
5	1	2	3,910	3,0385	0,3316	4,363
5	2	1	1,94	2,540	0,5509	4,782
5	2	2	-0,203	2,6711	0,4834	5,750

¹ Periodo de toma de datos (1.- De 9 a 12:00 horas y 2.- De 12 a 13:00 horas)

² Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

³ Resistencia estomatal (s cm^{-1})

⁴ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁵ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

Cuadro A.5 Promedio de fotosíntesis neta, resistencia y conductancia estomatal, y transpiración de cada hoja por tratamiento, repeticiones y tiempos de lectura.

TRAT	REP	HOJA	TIEMPO	F_n^1	R_s^2	C_s^3	TRANS ⁴		
0	1	1	1	11.61	1.8440	0.5423	4.825		
		1	2	31.91	1.0540	0.9487	8.317		
		2	1	13.61	1.8880	0.5297	4.946		
		2	2	12.92	1.3050	0.7766	7.510		
		3	1	16.78	2.7080	0.3703	3.877		
		3	2	12.35	0.9472	1.0550	9.611		
		4	1	18.65	1.4700	0.6822	5.555		
		4	2	10.16	1.6230	0.6160	8.782		
		5	1	12.46	0.7730	1.2933	8.588		
		5	2	13.13	0.9016	1.1083	12.243		
		0	2	1	1	15.18	0.8640	1.1573	8.058
				1	2	17.77	2.4163	0.4139	5.450
				2	1	10.38	1.0940	0.9134	6.714
				2	2	9.71	1.5830	0.6315	8.963
				3	1	14.14	0.8920	1.1207	6.972
3	2			11.94	0.9175	1.0893	11.417		
4	1			16.97	0.7610	1.3143	8.442		
4	2			12.53	1.2657	0.7900	9.687		
5	1			12.34	0.8710	1.1477	7.651		
5	2			12.41	1.0283	0.9719	11.303		
1	1	1	1	10.81	1.6650	0.6007	4.950		
		1	2	6.81	1.7127	0.5837	8.219		
		2	1	11.61	1.0850	0.9213	7.548		
		2	2	7.88	1.5833	0.6316	8.241		
		3	1	12.37	0.9438	1.0593	10.887		
		3	2	12.72	0.9441	1.0593	10.887		
		4	1	11.18	1.5260	0.6551	6.049		
		4	2	11.80	1.6253	0.6150	7.440		
		5	1	14.13	2.1820	0.4582	4.795		
		5	2	5.58	2.0460	0.4887	6.846		
		1	2	1	1	13.30	1.3300	0.7514	6.464
				1	2	8.08	2.2540	0.4437	6.450
				2	1	8.76	1.2050	0.8298	6.492
				2	2	6.40	1.8843	0.5305	7.594
				3	1	7.81	1.3960	0.7160	6.533
3	2			7.54	1.6467	0.6072	7.738		
4	1			8.46	0.8540	1.1697	8.938		
4	2			6.24	1.0103	0.9892	10.630		
5	1			10.87	2.3550	0.4245	4.352		
5	2			8.75	0.9440	1.0590	10.443		

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	TIEMPO	F_n^1	R_s^2	C_s^3	TRANS ⁴
2	1	1	1	7.92	1.2810	0.7801	5.535
		1	2	6.17	1.3393	0.7465	9.090
		2	1	9.58	1.5160	0.6595	7.848
		2	2	7.88	1.9093	0.5236	6.637
		3	1	6.29	2.0420	0.4896	4.215
		3	2	4.60	2.0523	0.4871	6.067
		4	1	8.76	0.8660	1.1540	9.158
		4	2	5.76	1.4807	0.6750	7.899
		5	1	6.86	1.1950	0.8367	7.246
		5	2	10.37	1.4350	0.6966	8.440
2	2	1	1	5.69	1.9210	0.5202	4.291
		1	2	6.79	1.8547		
		2	1	6.29	2.0010	0.4997	4.402
		2	2	6.70	1.9317	0.5175	7.206
		3	1	7.31	1.9330	0.5173	4.564
		3	2	5.90	1.4873	0.6734	7.906
		4	1	6.62	1.0720	0.9325	7.036
		4	2	8.25	1.0907	0.9168	9.372
		5	1	7.42	1.6110	0.6206	5.290
		5	2	6.21	1.8960	0.5273	7.527
3	1	1	1	5.25	1.7670	0.5675	4.793
		1	2	4.78	1.8717	0.5342	7.485
		2	1	5.61	1.9290	0.5172	5.281
		2	2	4.69	2.2787	0.4387	6.414
		3	1	4.33	2.0960	0.4769	4.432
		3	2	6.15	2.4527	0.4076	5.107
		4	1	5.66	2.4640	0.4061	3.241
		4	2	3.87	2.6913	0.3715	5.063
		5	1	5.52	1.4050	0.7117	5.760
		5	2	8.72	1.4640	0.6828	7.975
3	2	1	1	4.40	1.6080	0.6252	5.466
		1	2	4.95	1.5800	0.6329	7.183
		2	1	3.08	2.5790	0.3899	3.339
		2	2	5.05	1.5460	0.6466	7.644
		3	1	4.64	2.2120	0.4520	3.565
		3	2	3.74	2.4427	0.4093	5.587
		4	1	4.98	2.4780	0.4036	3.592
		4	2	5.58	2.5657	0.3897	6.069
		5	1	4.53	3.0510	0.3284	3.451
		5	2	8.87	1.6847	0.5936	6.840

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

TRAT	REP	HOJA	TIEMPO	F_n^1	R_s^2	C_s^3	$TRANS^4$		
4	1	1	1	2.72	2.0880	0.4789	4.525		
		1	2	4.77	2.1720	0.4602	5.592		
		2	1	2.31	2.8890	0.3462	3.483		
		2	2	4.66	3.2010	0.3124	4.059		
		3	1	4.66	2.9740	0.3364	3.344		
		3	2	1.90	3.1337	0.3190	4.936		
		4	1	2.60	2.9070	0.3440	3.602		
		4	2	6.09	3.2050	0.3120	4.267		
		5	1	2.72	1.6290	0.6136	5.179		
		5	2	3.59	2.0083	0.4977	5.926		
		4	2	1	1	3.91	1.8780	0.5324	5.404
				1	2	5.45	1.9217	0.5201	7.187
				2	1	1.74	2.6080	0.3834	3.594
				2	2	3.76	2.8070	0.3562	4.560
				3	1	2.48	2.2810	0.4383	4.269
3	2			2.51	3.1690	0.3155	4.196		
4	1			2.18	3.5130	0.2847	3.020		
4	2			4.03	3.3413	0.2992	4.050		
5	1			3.34	1.0930	0.9142	7.827		
5	2			3.70	2.3230	0.4303	4.018		
5	1			1	1	2.10	2.4170	0.4136	4.018
				1	2	2.77	2.9233	0.3420	3.750
				2	1	1.87	3.7540	0.2665	2.876
				2	2	1.83	3.5873	0.2787	3.867
				3	1	2.50	2.1800	0.4588	4.796
		3	2	2.51	2.8053	0.3565	5.423		
		4	1	2.96	2.7680	0.3612	3.552		
		4	2	8.07	2.8910	0.3458	4.427		
		5	1	2.38	2.3170	0.4314	4.097		
		5	2	4.34	2.9857	0.3349	4.347		
		5	2	1	1	1.57	0.7480	1.3367	9.628
				1	2	6.21	1.0463	1.0205	11.767
				2	1	1.26	4.3410	0.2305	2.618
				2	2	-11.84	4.6367	0.2156	3.137
				3	1	0.81	2.5640	0.3899	4.086
3	2			2.56	2.5000	0.3999	5.307		
4	1			3.70	2.3230	0.4303	4.018		
4	2			3.70	2.3230	0.4303	4.018		
5	1			2.37	2.7220	0.3674	3.561		
5	2			-1.65	2.8493	0.3508	4.524		

¹ Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

² Resistencia estomatal (s cm^{-1})

³ Conductancia estomatal ($\text{s}^{-1}\text{ cm}$)

⁴ Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

Cuadro A.6. Valores de las 30 hojas evaluadas con el numero de ácaros y color de las mismas.

Muestra	No de Acaros	Rep	L*	b*	b*
1	5	1	53,24	-12,42	21,08
		2	52,86	-12,86	21,37
		3	54,23	-12,05	21,15
		PROM	53,44	-12,44	21,20
2	86	1	52,09	-5,62	18,13
		2	53,02	-9,66	19,19
		3	53,38	-11,26	19,41
		PROM	52,83	-8,85	18,91
3	112	1	52,28	-6,72	17,59
		2	52,86	-6,47	17,94
		3	49,78	-4,89	17,33
		PROM	51,64	-6,03	17,62
4	32	1	55,26	-11,26	21,02
		2	55,08	-11,08	20,76
		3	53,34	-11,59	19,84
		PROM	54,56	-11,31	20,54
5	44	1	52,72	-11,49	19,18
		2	51,87	-12,81	19,32
		3	51,99	-12,22	19,29
		PROM	52,19	-12,17	19,26
6	68	1	51,77	-9,72	19,29
		2	52,56	-11,28	18,84
		3	52,73	-11,89	19,14
		PROM	52,35	-10,96	19,09
7	40	1	54,92	-10,40	20,00
		2	53,27	-10,01	19,53
		3	51,21	-11,41	20,35
		PROM	53,13	-10,61	19,96
8	88	1	54,64	-8,83	18,73
		2	53,61	-8,08	17,94
		3	54,78	-8,34	18,53
		PROM	54,34	-8,42	18,40
9	7	1	53,80	-12,80	21,13
		2	53,34	-12,60	21,08
		3	52,60	-12,00	20,59
		PROM	53,25	-12,47	20,93
10	36	1	55,00	-7,07	21,21
		2	57,31	-6,52	22,79
		3	55,73	-9,76	21,76
		PROM	56,01	-7,78	21,92

Muestra	No de Acaros	Rep	L*	a*	b*
11	74	1	53,09	-10,20	21,12
		2	53,70	-11,25	19,62
		3	54,97	-7,36	19,12
		PROM	53,92	-9,60	19,95
12	39	1	55,18	-9,20	20,84
		2	53,58	-10,46	20,26
		3	53,40	-10,80	20,97
		PROM	54,05	-10,15	20,69
13	60	1	54,30	-8,96	20,37
		2	54,00	-12,13	20,71
		3	52,93	-12,06	19,03
		PROM	53,74	-11,05	20,04
14	81	1	53,52	-8,47	19,52
		2	50,95	-9,55	18,58
		3	51,64	-7,54	19,14
		PROM	52,04	-8,52	19,08
15	79	1	49,35	-11,39	17,48
		2	51,86	-11,62	17,41
		3	51,82	-11,73	18,08
		PROM	51,01	-11,58	17,66
16	49	1	52,31	-12,79	19,39
		2	50,24	-12,35	18,36
		3	50,58	-12,35	18,78
		PROM	51,04	-12,50	18,84
17	64	1	54,44	-12,14	19,43
		2	55,60	-10,02	17,87
		3	54,60	-12,20	19,14
		PROM	54,88	-11,45	18,81
18	93	1	51,98	-10,23	18,75
		2	49,57	-10,02	18,33
		3	50,32	-12,65	12,65
		PROM	50,62	-10,97	16,58
19	86	1	50,69	-11,93	16,60
		2	51,78	-11,86	18,08
		3	51,91	-12,60	16,93
		PROM	51,46	-12,13	17,20
20	72	1	53,49	-13,60	17,93
		2	51,63	-12,60	17,84
		3	50,77	-10,17	16,56
		PROM	51,96	-12,12	17,44

Muestra	No de Acaros	Rep	L	a	b
21	28	1	55,40	-10,23	21,15
		2	54,99	-10,26	20,76
		3	55,47	-9,94	20,30
		PROM	55,29	-10,14	20,74
22	80	1	53,13	-11,38	17,35
		2	53,47	-10,29	17,90
		3	53,74	-10,99	18,00
		PROM	53,45	-10,89	17,75
23	18	1	53,02	-11,21	20,32
		2	53,92	-12,92	21,39
		3	52,63	-11,19	20,85
		PROM	53,19	-11,77	20,85
24	14	1	55,23	-7,04	22,05
		2	54,53	-9,95	21,97
		3	55,68	-6,39	20,85
		PROM	55,15	-7,79	21,62
25	52	1	55,75	-9,73	21,24
		2	53,89	-11,47	20,36
		3	53,79	-8,47	21,39
		PROM	54,48	-9,89	21,00
26	29	1	50,63	-11,11	21,55
		2	53,84	-11,01	21,31
		3	55,43	-10,13	20,57
		PROM	53,30	-10,75	21,14
27	24	1	55,39	-11,01	20,78
		2	53,99	-12,08	19,79
		3	53,25	-12,78	21,17
		PROM	54,21	-11,96	20,58
28	47	1	53,40	-7,30	20,93
		2	53,46	-10,55	20,88
		3	53,71	-9,74	20,06
		PROM	53,52	-9,20	20,62
29	3	1	55,98	-11,53	23,16
		2	52,84	-10,55	21,38
		3	54,66	-9,85	22,18
		PROM	54,49	-10,64	22,24
30	83	1	52,74	-7,30	19,20
		2	53,04	-7,10	18,70
		3	53,41	-8,76	20,02
		PROM	53,06	-7,72	19,31

Cuadro A.7. Analisis de Varianza de los tratamientos, repeticiones y el tiempo de toma de lectura.

The SAS System
Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: CLOROFILA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	0.01281852	0.00213642	2590.12	0.0001
Error	5	0.00000412	0.00000082		
Corrected Total	11	0.01282265			

R-Square	C.V.	Root MSE	CLOROFILA Mean
0.999678	0.082850	0.00090820	1.09620833

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	0.01281822	0.00256364	3108.08	0.0001**
REP	1	0.00000030	0.00000030	0.36	0.5722

Alpha= 0.05 df= 5 MSE= 8.248E-7
Critical Value of Studentized Range= 6.033
Minimum Significant Difference= 0.0039
Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	1.1391000	2	0
B	1.1281000	2	1
C	1.1089000	2	2
D	1.0877000	2	3
E	1.0667500	2	4
F	1.0467000	2	5

Dependent Variable: FOTOSINTESIS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.58188046	0.14380731	66.39	0.0001
Error	12	0.02599447	0.00216621		
Corrected Total	23	1.60787493			

R-Square	C.V.	Root MSE	FOTOSINTESIS Mean
0.983833	6.103670	0.04654252	0.76253333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	1.45574894	0.29114979	134.41	0.0001**
TIME	1	0.01807308	0.01807308	8.34	0.0136*
TRAT*TIME	5	0.10805844	0.02161169	9.98	0.0006**

Dependent Variable: Resistencia estomatal (RS)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.35938463	0.03267133	7.03	0.0011
Error	12	0.05574997	0.00464583		
Corrected Total	23	0.41513460			

R-Square	C.V.	Root MSE	RS Mean
0.865706	26.45505	0.06816033	0.25764583

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	0.34873183	0.06974637	15.01	0.0001**
TIME	1	0.00576290	0.00576290	1.24	0.2872 ^{ns}
TRAT*TIME	5	0.00488991	0.00097798	0.21	0.9515 ^{ns}

Dependent Variable: TRANSPIRACION

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.32866069	0.02987824	11.62	0.0001
Error	12	0.03085482	0.00257124		
Corrected Total	23	0.35951551			

R-Square	C.V.	Root MSE	TRANS Mean
0.914177	6.656036	0.05070735	0.76182500

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	0.23653926	0.04730785	18.40	0.0001**
TIME	1	0.07668182	0.07668182	29.82	0.0001**
TRAT*TIME	5	0.01543962	0.00308792	1.20	0.3656 ^{ns}

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: FOTO

Alpha= 0.05 df= 12 MSE= 0.002166

Critical Value of Studentized Range= 4.748

Minimum Significant Difference= 0.1105

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	1.13798	4	0
B	0.95845	4	1
C	0.83968	4	2
D	0.69933	4	3
E	0.51093	4	4
E	0.42885	4	5

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: RS
 Alpha= 0.05 df= 12 MSE= 0.004646
 Critical Value of Studentized Range= 4.748
 Minimum Significant Difference= 0.1618

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	0.40665	4	5
A	0.39155	4	4
B A	0.31328	4	3
B C	0.19055	4	2
B C	0.15808	4	1
C	0.08578	4	0

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: TRANS

Alpha= 0.05 df= 12 MSE= 0.002571
 Critical Value of Studentized Range= 4.748
 Minimum Significant Difference= 0.1204

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	0.88130	4	0
A	0.86493	4	1
B A	0.82213	4	2
B C	0.71693	4	3
C	0.65430	4	4
C	0.63138	4	5

Cuadro A.8. Resultados del Análisis de Varianza realizado en el paquete computacional SAS.

Analysis of Variance Procedure					
Dependent Variable: FOTO					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.71797100	0.14359420	121.27	0.0001
Error	6	0.00710452	0.00118409		
Corrected Total	11	0.72507552			
	R-Square	C.V.	Root MSE	FOTO Mean	
	0.990202	4.505179	0.03441056	0.76380000	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	0.71797100	0.14359420	121.27	0.0001**
Dependent Variable: RS					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.17437414	0.03487483	20.52	0.0010**
Error	6	0.01019815	0.00169969		
Corrected Total	11	0.18457229			
	R-Square	C.V.	Root MSE	RS Mean	
	0.944747	16.00025	0.04122732	0.25766667	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	0.17437414	0.03487483	20.52	0.0010**
Dependent Variable: CS					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.17353861	0.03470772	19.99	0.0011
Error	6	0.01041824	0.00173637		
Corrected Total	11	0.18395685			
	R-Square	C.V.	Root MSE	CS Mean	
	0.943366	-16.17983	0.04166980	-0.25754167	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	0.17353861	0.03470772	19.99	0.0011**

Dependent Variable: TRANS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.11824693	0.02364939	18.31	0.0014
Error	6	0.00774864	0.00129144		
Corrected Total	11	0.12599557			

R-Square	C.V.	Root MSE	TRANS Mean
0.938501	4.717019	0.03593661	0.76185000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	0.11824693	0.02364939	18.31	0.0014**

Dependent Variable: CL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.00005694	0.00001139	3540.61	0.0001
Error	6	0.00000002	0.00000000		
Corrected Total	11	0.00005696			

R-Square	C.V.	Root MSE	CL Mean
0.999661	0.077613	0.00005672	0.07307500

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	0.00005694	0.00001139	3540.61	0.0001**

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: FOTO

Alpha= 0.05 df= 6 MSE= 0.001184

Critical Value of Studentized Range= 5.629

Minimum Significant Difference= 0.137

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	1.13800	2	0
B	0.95845	2	1
B	0.83970	2	2
C	0.69935	2	3
D	0.51095	2	4
D	0.43635	2	5

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: RS
 Alpha= 0.05 df= 6 MSE= 0.0017
 Minimum Significant Difference= 0.1641

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	0.40670	2	5
A	0.39155	2	4
B A	0.31330	2	3
B C	0.19055	2	2
B C	0.15810	2	1
C	0.08580	2	0

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: TRANS
 Alpha= 0.05 df= 6 MSE= 0.001291
 Minimum Significant Difference= 0.143

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	0.88130	2	0
A	0.86495	2	1
B A	0.82215	2	2
B C	0.71695	2	3
C	0.65435	2	4
C	0.63140	2	5

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: CL
 Alpha= 0.05 df= 6 MSE= 3.217E-9
 Minimum Significant Difference= 0.0002

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	0.07593000	2	0
B	0.07520500	2	1
C	0.07392000	2	2
D	0.07251000	2	3
E	0.07111000	2	4
F	0.06977500	2	5