

## CRECIMIENTO DE MANZANO [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] cv. GOLDEN DELICIOUS AFECTADO POR HUMEDAD DEL SUELO, NUTRICIÓN Y PORTAINJERTO

## GROWTH OF APPLE [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] TREE cv. GOLDEN DELICIOUS AFFECTED BY SOIL MOISTURE, NUTRITION AND ROOTSTOCK

Rafael A. Parra-Quezada<sup>1,2\*</sup>, A. Enrique Becerril-Román<sup>1</sup> y Alberto Castillo-Morales<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa en Fruticultura, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Tel y Fax: 01 (595) 952-0200 y 952-0262, <sup>2</sup>Programa de Frutales, Campo Experimental Sierra de Chihuahua, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícola y Pecuarias. Av. Hidalgo 1213, C.P. 31500. Cd. Cuauhtémoc, Chih. Tel y Fax: 01 (625) 582-3110. Correo electrónico: parraquez@prodigy.net.mx <sup>3</sup> Departamento de Matemáticas, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. C.P. 09340, México, D.F.

\* Autor para correspondencia

### RESUMEN

Se realizó un análisis del crecimiento en árboles de manzano (*Malus sylvestris*) cv. Golden Delicious, de un año de edad, injertados sobre cuatro portainjertos (MM 111, MM 106, M 7 y M 26), en diferentes condiciones de humedad del suelo (fertirriego, acolchado con cubierta plástica y temporal ó secano), con y sin fertilización orgánica antes de la plantación. Las variables utilizadas para realizar el análisis fueron peso seco total y área foliar, medidas durante un ciclo de crecimiento, las cuales se ajustaron por regresión y se seleccionó el mejor modelo matemático para describir el comportamiento de dichas variables en cada tratamiento. A partir de las ecuaciones se calcularon los valores la tasa relativa de crecimiento (TRC), la tasa unitaria foliar (TUF), y el peso específico foliar (PEF). Los factores que mayor influencia tuvieron sobre el crecimiento del árbol fueron la humedad en el suelo y el portainjerto, donde fertirriego y cubierta plástica causaron las mayores TRC y TUF del cultivar en estudio.

**Palabras clave:** *Malus sylvestris*, fertirriego, acolchado plástico, secano, fertilización orgánica.

### SUMMARY

A growth analysis of two-years old apple trees cv. Golden Delicious grafted onto four rootstocks (MM 111, MM 106, M 7 and M 26) was carried out under different soil moisture conditions (fertigation, mulching and rainfed), with and without soil organic fertilization before planting. Total dry weight and leaf area were recorded along the growing season and used for regression analysis in order to fit the best model to describe the response of each variable for each treatment. From these results the slope values were estimated to determine the relative growth rate (TRC) and the unit leaf rate (TUF). With these values the specific leaf weight (PEF) was also calculated. The most important factors influencing tree growth, were the soil moisture and rootstocks, while fertigation and mulching induced the highest TRC and TUF.

**Index words:** *Malus sylvestris*, fertigation, mulching, rainfed, organic fertilization.

### INTRODUCCIÓN

El análisis del crecimiento vegetal puede efectuarse de dos maneras: el análisis clásico y el funcional (Hunt, 1982). El primero evalúa el crecimiento con base en datos primarios de la planta o el cultivo, los cuales pueden ser colectados de plantas individuales o de doseles enteros, aunque la naturaleza destructiva de la técnica requiere del uso de grupos homogéneos de plantas. En plantas frutales o perennes, la toma de datos proviene de muestras con un alto número de repeticiones y a intervalos largos. El análisis funcional propuesto por Radford, citado por Beadle (1988), se basa en muestreos más frecuentes con pocas repeticiones, cuyos datos son ajustados con modelos matemáticos para representar el fenómeno. Estos modelos describen las relaciones entre el tiempo y las variables primarias del crecimiento de la planta, peso seco y tamaño del sistema asimilatorio o área foliar (Hunt, 1982; Brand *et al.*, 1987; Beadle, 1988). Del análisis del crecimiento se derivan algunos índices como tasa relativa de crecimiento, tasa unitaria foliar, relación de área foliar y peso específico foliar.

El análisis del crecimiento se ha practicado más en plantas de bajo porte, anuales, perennes bianuales o perennes de vida corta (Brand *et al.*, 1987); por el porte y condición perenne de las especies frutales, el análisis se ha circunscrito a evaluar el desarrollo de cada ciclo. Durante la estación de crecimiento, el manzano (*Malus sylvestris*

(L.) Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf.) presenta cambios en la tasa relativa de crecimiento (TRC), en la tasa de asimilación neta (TAN) y en la relación de peso de la hoja (RPH). La disminución de la TAN a través de la estación se explica por un aumento en la acumulación de peso seco total asociado con una reducción en la eficiencia del área foliar, ya sea por autosombreado, edad, senescencia o abscisión de las hojas.

La relación de peso de las hojas se incrementa hasta mediados de julio y posteriormente disminuye, porque al inicio de la temporada predominan las hojas en ramas cortas (espolones), pero a partir de julio aumenta el área foliar con el crecimiento del brote, en árboles de uno y dos años (Beadle, 1988); según este autor, el peso total del árbol es más dependiente de las características del portainjerto que de las del cultivar. En árboles frutales la tasa de crecimiento tiende a decrecer con la edad, ya que la fructificación y el crecimiento vegetativo son procesos antagónicos; sin embargo, en árboles muy jóvenes la tasa relativa de crecimiento puede ser ascendente (Brand *et al.*, 1987).

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el efecto de niveles de humedad, nutrición y portainjertos, en el crecimiento de plántulas de manzano cv. Golden Delicious.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante 1997, en condiciones de campo, en Montecillo, Texcoco, México, ubicado a 19° 28' de LN y 98° 53' de LW, a 2240 msnm, cuyo clima es templado con veranos frescos, el más seco entre los subhúmedos, con lluvias en verano, temperatura media anual de 15.3 °C y precipitación de 572 mm anuales (García, 1988). Durante el periodo de estudio las temperaturas promedio máximas se registraron entre mayo y septiembre, y fluctuaron de 20 a 25 °C, en tanto que la temperatura media varió entre 16 y 18 °C en los mismos meses y las temperaturas promedio mínimas se registraron de enero a diciembre, con valores entre -2 y 4° C. La precipitación de abril, junio y julio fue de 473 mm. La evaporación fluctuó entre 100 y 150 mm mensuales, con un total anual de 1562 mm.

Se usaron plantas de un año de edad, injertadas con el cv. Golden Delicious sobre los portainjertos MM 111, MM 106, M 7 y M 26. La plantación se hizo el 24 de febrero de 1997 en Montecillo, Texcoco, México. La distancia entre plantas fue de 60 cm y de 1 m entre hileras, a doble hilera; la distancia entre las dobles hileras fue de 2 m.

El fertirriego se aplicó mediante un sistema de cinta de goteo, con un gasto de 1.3 L por hora por emisor, con emisores cada 30 cm. La franja de humedecimiento que se logró fue de 40 cm de ancho y 30 cm de profundidad después de 2 h de riego. Un día después del primer riego, la humedad se igualó con la humedad del suelo a una profundidad de 60 cm aproximadamente.

El manejo del experimento incluyó control manual de la maleza sobre la hilera de árboles en los tratamientos de fertirriego (FR) y temporal (TM) o secano, en tanto que en donde se utilizaron cubiertas plásticas se evitó la germinación de semillas de maleza; entre hileras se mantuvo una cubierta de pasto cortado periódicamente.

## Tratamientos

### 1) Condiciones de humedad del suelo

a) Fertirriego (FR). Se aplicó cada vez que el tensiómetro localizado a 20 cm de profundidad en el área del sistema radical de las plantas marcó 20 cbar. La fertilización inorgánica que se aplicó fue de 100, 70 y 150 mg L<sup>-1</sup> de N, P y K cada vez que se regó; como fuentes de nutrimentos se usaron nitrato de potasio, nitrato de amonio y ácido fosfórico. La mezcla se inyectó al sistema de riego mediante un "venturi" (sección de tubo entre secciones de mayor diámetro que sirve para medir flujo o succionar) modelo 283 marca Mazzy de 1.25 cm de diámetro en la salida y la entrada, y se mantuvo con un pH de 6.5.

b) Acolchado con cubierta plástica (AC). Se colocó un plástico negro que cubrió 1 m hacia cada lado de la hilera de plantas, con una pendiente que permitió drenar el agua de lluvia. En este caso se aplicó una cantidad de agua equivalente a la precipitación promedio ocurrida en las zonas manzaneras del país (400 mm) para simular los periodos de sequía que ocurren en Jerez, Zac., Cuauhtémoc, Chih., Canatlán, Dgo. y Arteaga, Coah. Para evitar que la humedad del tratamiento de riego constante y el de precipitación se extendieran al tratamiento de cubierta (AC), en cada extremo de la unidad experimental se colocó un plástico en forma vertical hasta una profundidad de 85 a 90 cm, que fue donde se encontró una capa de tepetate.

c) Temporal (TM) o secano. Se manejó con la precipitación que ocurrió en Montecillo, Méx., a suelo desnudo.

2) Fertilización órgano-mineral (MO). En este factor se aplicaron dos niveles:

a) Se aplicó nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en dosis de 40, 34, 28 y 15 g por planta por año. Para cubrir estos requerimientos se utilizaron fuentes orgánicas e

inorgánicas: 1) 150 g de composta tipo P (2N-18P-6K-5S-45MO); 2) 150 g de composta tipo K (9N-5P-12K-5S-45MO) y 3) 115 g de sulfato de amonio (20.3 % de N). La dosis que se aplicó por planta, se mezcló con el suelo y se dejó reposar por un día, para posteriormente realizar la plantación y regar.

b) El testigo sin fertilizar.

3) **Portainjertos.** Se utilizaron MM.111, MM.106, M.7 y M.26, injertados con el cultivar Golden Delicious.

Los tratamientos resultantes de la combinación de estos factores y niveles se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar con arreglo de parcelas subdivididas (factorial 3x2x4): el factor nivel de humedad se ubicó en la parcela grande, la fertilización orgánica en la parcela mediana y los portainjertos en la parcela chica. Se establecieron seis plantas por unidad experimental (UE) y se muestreó una planta de cada UE en cada uno de los seis muestreos realizados a través del año; se utilizó el paquete estadístico COSTAT versión 3.03 (1989) para determinar el modelo que mejor describiera las variables en estudio.

Los muestreos fueron destructivos, porque la planta se dividió en hojas, tallo del cultivar, tallo del portainjerto y raíz. Estos órganos se secaron en estufa a 70 °C hasta peso constante, y se calculó el peso seco total (g). En cada muestreo se determinó el área foliar (cm<sup>2</sup>) con un integrador marca Licor 3000 (Licor, Inc.). Con los datos de peso seco total, área foliar y el tiempo entre cada muestreo, se realizaron regresiones para obtener valores estimados de las variables indicadas, así como también los estimadores necesarios para la determinación de los siguientes índices de crecimiento, según el método funcional propuesto por Hunt (1982), Beadle (1988) y Becerril *et al.* (1993), cuyas ecuaciones son:

**Tasa relativa de crecimiento (TRC).** La cinética de crecimiento en peso seco (PS) a través del tiempo ( t ) se ajustó por regresión para reducir el error de muestreo, siendo el modelo  $\ln(PS) = a + bt + ct^2$ , con el que se logró mayor ajuste (Becerril *et al.*, 1993), de donde se obtuvieron los valores estimado de peso seco (PSE) y de los coeficientes b y c que se usaron en la siguiente ecuación para calcular la TRC:

$$TRC = \frac{1}{PS} \cdot \frac{dPS}{dt} = b + 2ct$$

**Tasa unitaria foliar (TUF).** Los datos de área foliar (AF) también se ajustaron mediante regresiones y se seleccionó también el modelo arriba indicado. Con esta ecuación se calcularon los valores de área foliar estimada

(AFE) que en conjunto con los valores estimados de peso seco estimado (PSE) y con los coeficientes de la ecuación de TRC, se estimó la TUF como sigue:

$$TUF = \frac{1}{AF} \cdot \frac{dPS}{dt} = \frac{(b + 2ct)PSE}{AFE}$$

**Peso específico foliar (PEF).** Este índice se calculó con los datos de PSE y AFE, conforme a la ecuación:

$$PEF = \frac{PSE}{AFE}$$

Donde: PSE = Peso seco estimado; AFE = Área foliar estimada; t = Tiempo entre dos muestreos sucesivos; b y c = Parámetros estimados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso seco total estimado

Las ecuaciones obtenidas por regresión para peso seco en cada factor y nivel, se anotan en el Cuadro 1. El peso seco estimado con estas ecuaciones (Figura 1) indica que los factores humedad y portainjertos son los que más afectan el crecimiento del árbol. Destaca que al final del ciclo, tanto el fertirriego como el acolchado con la cubierta plástica indujeron una acumulación de peso seco similar, lo que sugiere que ambos tratamientos producen condiciones similares de humedad en el suelo, tal vez por la reducción de la pérdida de agua por evaporación en el caso de cubierta, por el incremento de la materia orgánica y, en consecuencia, por la fertilidad del suelo (Ibáñez *et al.*, 2000; Parra *et al.*, 2002a). Los portainjertos más vigorosos son MM111, MM106 y M7, aunque aún no manifiestan su potencial completo de crecimiento por ser plántulas jóvenes. En condiciones de temporal el incremento de peso seco fue mínimo en los cuatro portainjertos, lo que se atribuye al estrés hídrico que debió reducir la velocidad del crecimiento y afectar la apertura y cierre de estomas, los niveles de ácido abscísico, la síntesis de proteínas (Dubey, 1994) y el intercambio de CO<sub>2</sub>, además que en manzano promueve incrementos en la acumulación de sorbitol (Wang y Stutte, 1992).

### Área foliar estimada

Las ecuaciones obtenidas por regresión para el área foliar en cada factor y nivel (Cuadro 2), permitieron obtener el área foliar ajustada (Figura 2). En esta variable también se observó que la cubierta plástica y el fertirriego produjeron un área foliar similar al final de la temporada. En condiciones de temporal y a medida que el agua del suelo

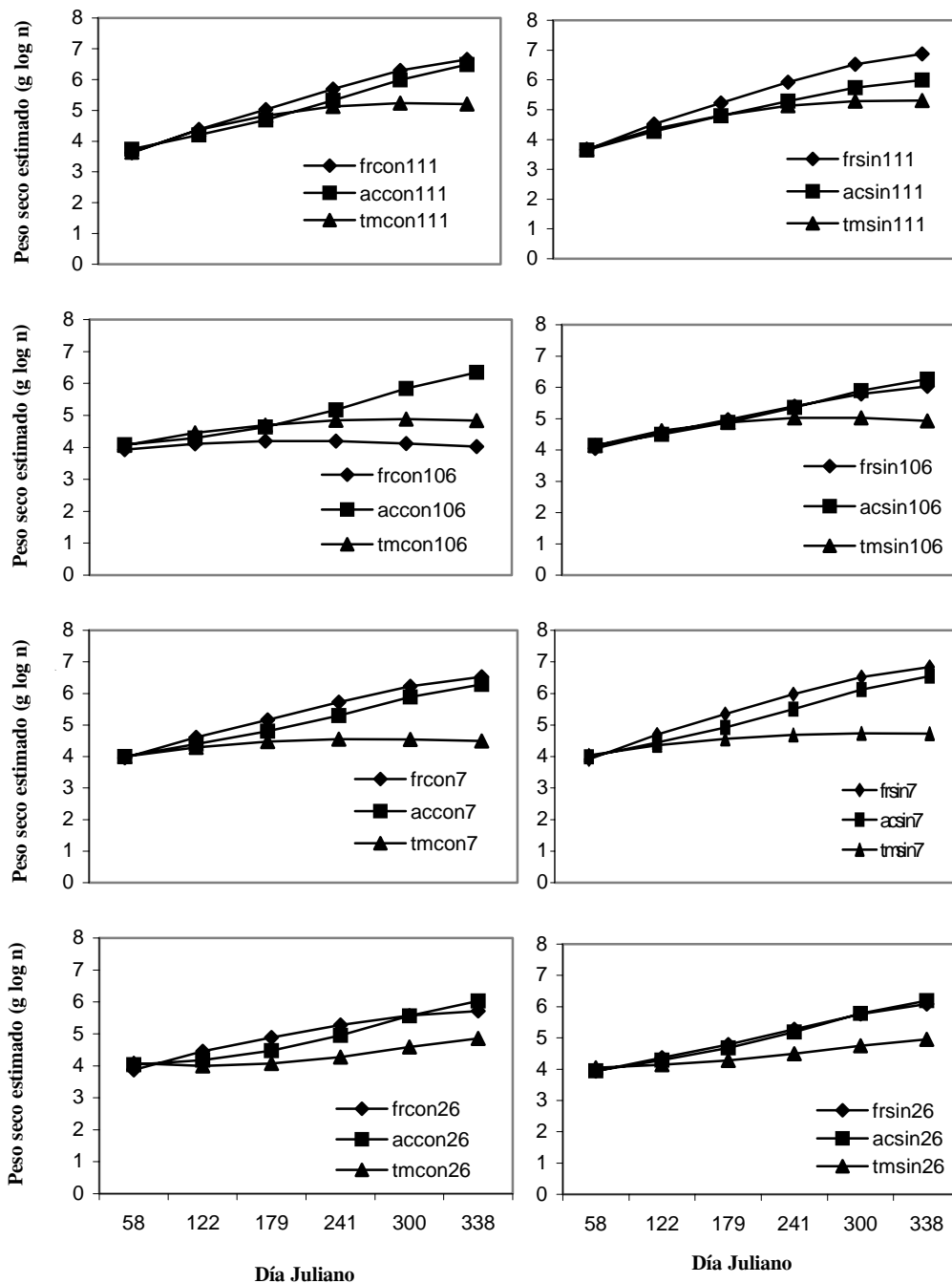


Figura 1. Peso seco total estimado (g) en plantas de manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad, en función de la humedad edáfica (fr=fertirriego, ac=acolchado, tm=temporal), fertilización orgánica (con y sin) y portainjertos (MM111, MM106, M7 y M26).

se fue agotando, los árboles fueron desarrollando síntomas de déficit hídrico, como detención del crecimiento vegetativo, hojas pequeñas, coloración amarillenta de las hojas basales del brote y abscisión de las hojas más viejas, como

mecanismos para reducir el gasto transpiratorio y el potencial hídrico, lo que ayudó al mantenimiento de la turgencia de las hojas más jóvenes (Parra *et al.*, 2002a y b). Los portainjertos MM111 y M26 con fertilización orgánica al

suelo mostraron un pequeño incremento en área foliar, lo que sugiere que podrían ser resistentes a sequía (Fernández *et al.*, 1997).

Cuadro 1. Ecuaciones<sup>†</sup> derivadas del análisis de regresión para peso seco total (Y) (g) y tiempo (x) (días julianos) en los diferentes tratamientos.

Variable Y (tratamiento) <sup>§</sup>	Ecuación	R <sup>2</sup>	s
FRCON111	2.88 + 0.013x - 0.0000055x <sup>2</sup>	0.96	0.226
ACCON111	3.41 + 0.005x + 0.0000121x <sup>2</sup>	0.96	0.213
TMCON111	2.81 + 0.016x - 0.0000264x <sup>2</sup>	0.88	0.225
FRSIN111	2.82 + 0.015x - 0.0000089x <sup>2</sup>	0.97	0.207
ACSIN111	3.03 + 0.011x + 0.0000065x <sup>2</sup>	0.95	0.228
TMSIN111	2.92 + 0.014x - 0.0000217x <sup>2</sup>	0.89	0.242
FRCON106	3.68 + 0.004x + 0.0000118x <sup>2</sup>	0.98	0.162
ACCON106	4.05 - 7x10 <sup>-4</sup> x + 0.0000222x <sup>2</sup>	0.99	0.090
TMCON106	3.59 + 0.009x - 0.0000157x <sup>2</sup>	0.72	0.198
FRSIN106	3.58 + 0.008x - 0.0000031x <sup>2</sup>	0.98	0.146
ACSIN106	3.89 + 0.004x + 0.0000092x <sup>2</sup>	0.95	0.188
TMSIN106	3.57 + 0.011x - 0.0000206x <sup>2</sup>	0.78	0.183
FRCON7	3.34 + 0.011x - 0.0000046x <sup>2</sup>	0.94	0.259
ACCON7	3.72 + 0.004x + 0.0000095x <sup>2</sup>	0.93	0.253
TMCON7	3.64 + 0.007x - 0.0000133x <sup>2</sup>	0.42	0.319
FRSIN7	3.13 + 0.014x - 0.0000089x <sup>2</sup>	0.91	0.354
ACSIN7	3.63 + 0.006x + 0.0000095x <sup>2</sup>	0.94	0.262
TMSIN7	3.68 + 0.007x - 0.0000112x <sup>2</sup>	0.54	0.273
FRCON26	3.27 + 0.011x - 0.0000115x <sup>2</sup>	0.81	0.385
ACCON26	4.05 - 0.002x + 0.0000214x <sup>2</sup>	0.95	0.198
TMCON26	4.27 - 0.004x + 0.0000182x <sup>2</sup>	0.67	0.265
FRSIN26	3.58 + 0.006x + 0.0000042x <sup>2</sup>	0.85	0.345
ACSIN26	3.73 + 0.003x + 0.0000124x <sup>2</sup>	0.87	0.347
TMSIN26	4.01 + 0.00013x + 0.0000078x <sup>2</sup>	0.64	0.279

<sup>§</sup>FR = Fertilización orgánica; CON y SIN; 111 = Portainjerto MM111; 106 = Portainjerto MM106; 7 = Portainjerto M7; 26 = Portainjerto M26; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación; s = Desviación estándar.

<sup>†</sup>El modelo ajustado en todos los casos fue: ln (Y) = a + bt + ct<sup>2</sup>; donde: Y, peso seco (variable dependiente) (para cada tratamiento); t, tiempo (variable x) (días); a, b, c, parámetros de la ecuación.

### Tasa relativa de crecimiento

Esta tasa (TRC) representa la eficiencia de la planta para producir nuevo material por unidad de peso presente en la planta por unidad de tiempo, y se expresa en g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (Hunt, 1982; Becerril *et al.*, 1993). La TRC fue afectada por el factor humedad, fertilización orgánica al suelo y el portainjerto; la máxima TRC se registró en fertilirriego (FR), seguida por los tratamientos de acolchado (AC) y temporal (TM); en FR y TM la TRC disminuyó durante la temporada, mientras que en AC la TRC fue más estable y con aumentos de 2 hasta 12 mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Con los portainjertos MM111 y MM106 en temporal la TRC inicial fue mayor o similar que las de fertilirriego y cubierta plástica, pero luego decreció rápidamente hasta alcanzar valores de cero en los dos últimos muestreos; sin embargo, con el portainjerto M26 con y sin MO, se presentó una TRC ascendente en temporal (Figura 3), a pesar de la escasa acumulación de materia seca y escaso crecimiento que se observó en TM. Estos resultados coinciden con los de Ovando *et al.* (1993) quienes observaron que las plantas jóvenes pueden tener un aumento inicial en la TCR, que después disminuye por efecto de la acumulación de tejido leñoso, pero que continúa respirando; por su parte, el apa-

rato fotosintético reduce su eficiencia por el autosombreado entre hojas y por la mayor edad de las mismas, lo que reduce la tasa de producción de materia seca por gramo de peso presente.

A medida que avanza la estación, las TRC en fertilirriego bajaron mientras que en la cubierta plástica se mantuvieron o aumentaron por efecto de la adición del agua (día juliano (DJ) 184), y por menores pérdidas de agua por evaporación; ello causó que al final de la estación las plántulas con cubierta plástica tuvieran TRC superiores que en fertilirriego, y que mantuvieran dicha tasa por más tiempo en los portainjertos más vigorosos (MM111, MM106 y M7), en comparación con M26. El comportamiento de la TRC registrada en condiciones de fertilirriego y acolchado no es común, sin embargo, en árboles jóvenes donde no hay competencia entre crecimiento vegetativo y reproductivo por fotosíntesis, hay formación de una gran cantidad de nueva materia seca, que incluye tejido meristemático, que en este caso fue de 100, 500 y 600 g de peso seco total por planta (Parra *et al.*, 2002a). Esto indica que la TRC puede ser modificada en función de la humedad disponible en el suelo y el tipo de portainjerto.

Cuadro 2. Ecuaciones<sup>†</sup> derivadas del análisis de regresión para área foliar (Y) (cm<sup>2</sup>) y tiempo (x) (días julianos) en los diferentes tratamientos.

Variable Y (tratamiento) <sup>§</sup>	Ecuación	R <sup>2</sup>	s
FRCON111	2.39 + 0.044x - 0.000076x <sup>2</sup>	0.92	0.279
ACCON111	5.25 + 0.009x + 0.0000032x <sup>2</sup>	0.94	0.251
TMCON111	1.98 + 0.051x - 0.00011x <sup>2</sup>	0.90	0.215
FRSIN111	3.22 + 0.038x - 0.000064x <sup>2</sup>	0.93	0.229
ACSIN111	4.15 + 0.026x - 0.000037x <sup>2</sup>	0.98	0.131
TMSIN111	5.18 + 0.169x - 0.000033x <sup>2</sup>	0.32	0.345
FRCON106	2.71 + 0.041x - 0.000069x <sup>2</sup>	0.93	0.251
ACCON106	4.79 + 0.045x - 0.0000096x <sup>2</sup>	0.96	0.189
TMCON106	3.64 + 0.035x - 0.000089x <sup>2</sup>	0.89	0.271
FRSIN106	1.8 + 0.049x - 0.000069x <sup>2</sup>	0.95	0.230
ACSIN106	3.60 + 0.029x - 0.000044x <sup>2</sup>	0.87	0.344
TMSIN106	2.35 + 0.047x - 0.00011x <sup>2</sup>	0.82	0.368
FRCON7	1.62 + 0.052x - 0.000096x <sup>2</sup>	0.76	0.514
ACCON7	2.61 + 0.038x - 0.000063x <sup>2</sup>	0.91	0.302
TMCON7	4.61 + 0.022x - 0.000059x <sup>2</sup>	0.58	0.480
FRSIN7	1.02 + 0.057x - 0.000102x <sup>2</sup>	0.94	0.275
ACSIN7	3.09 + 0.032x - 0.000046x <sup>2</sup>	0.92	0.313
TMSIN7	1.45 + 0.057x - 0.00014x <sup>2</sup>	0.92	0.276
FRCON26	0.75 + 0.058x - 0.00011x <sup>2</sup>	0.79	0.461
ACCON26	2.78 + 0.033x - 0.000052x <sup>2</sup>	0.87	0.349
TMCON26	7.14 - 0.012x + 0.000031x <sup>2</sup>	0.16	0.718
FRSIN26	0.69 + 0.056x - 0.0001x <sup>2</sup>	0.94	0.248
ACSIN26	0.99 + 0.051x - 0.000089x <sup>2</sup>	0.93	0.287
TMSIN26	3.63 + 0.026x - 0.000058x <sup>2</sup>	0.32	0.481

<sup>§</sup>FR = Fertilización orgánica; CON y SIN; 111 = Portainjerto MM111; 106 = Portainjerto MM106; 7 = Portainjerto M7; 26 = Portainjerto M26; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación; s = Desviación estándar.

<sup>†</sup>El modelo ajustado en todos los casos fue: log<sub>e</sub> (Y) = a + bt + ct<sup>2</sup>; donde: Y, área foliar (variable dependiente) (para cada tratamiento); t, tiempo (variable x); a, b, c, parámetros de la ecuación.

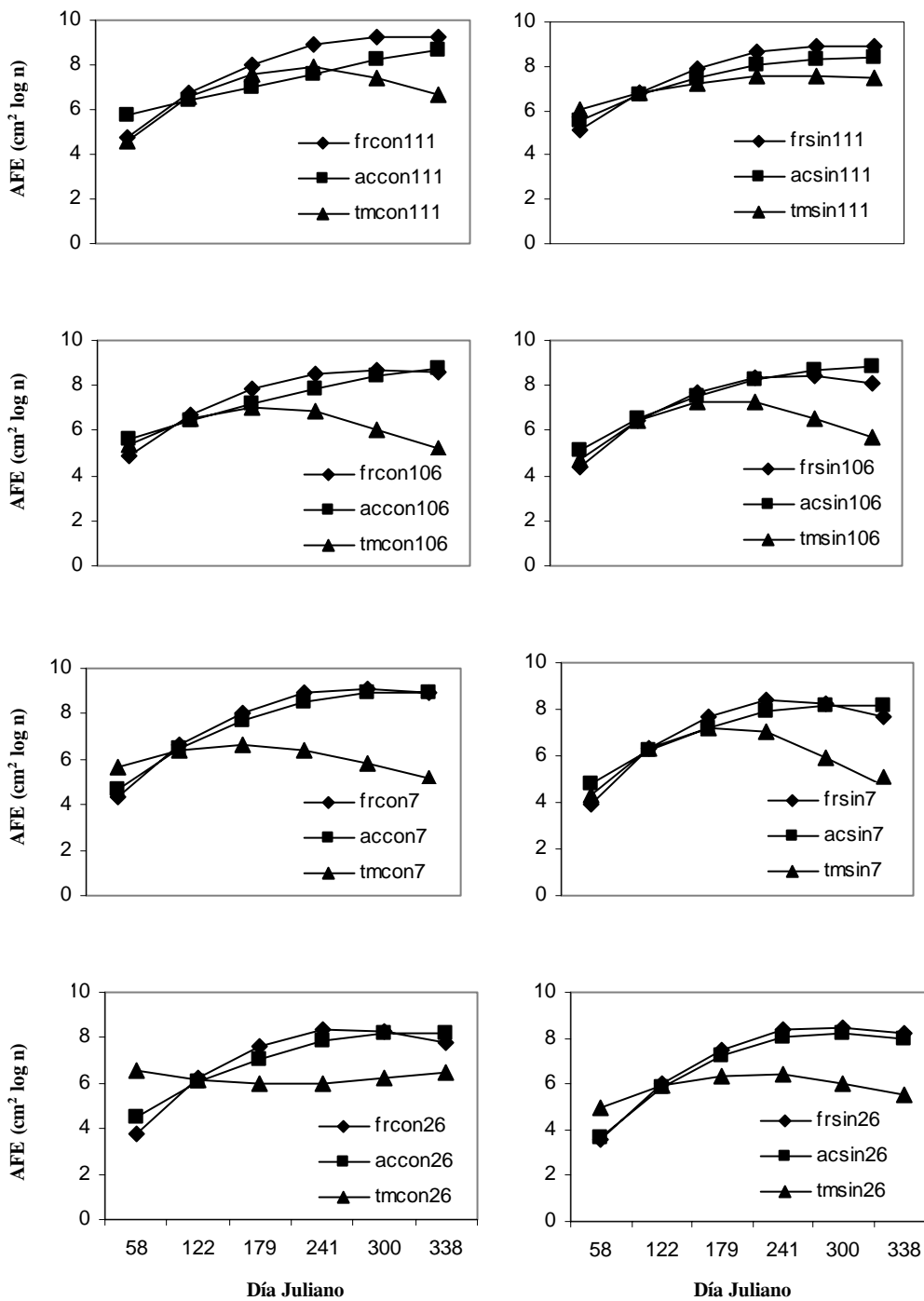


Figura 2. Área foliar estimada (AFE) (cm<sup>2</sup>) en plantas de manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad, en función de la humedad edáfica (fr=fertirriego, ac=acolchado, tm=temporal), fertilización orgánica (con y sin) y portainjertos (MM111, MM106, M7 y M26).

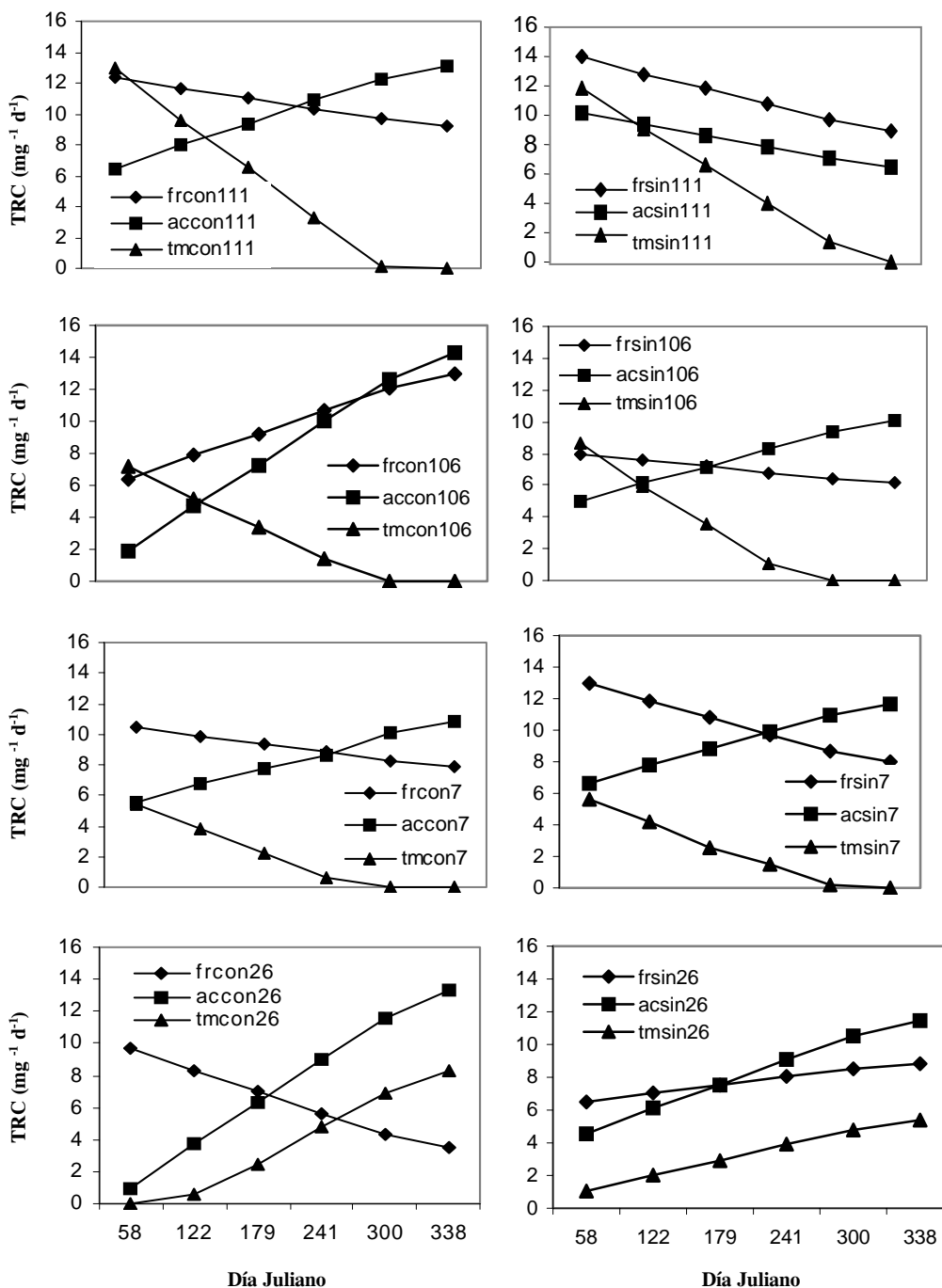


Figura 3. Tasa relativa de crecimiento (TRC) ( $\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) en plantas de manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad, en función de la humedad edáfica (fr=fertirriego, ac=acolchado, tm=temporal), fertilización orgánica (con y sin) y portainjertos (MM111, MM106, M7 y M26)

**Tasa unitaria foliar**

La tasa unitaria foliar (TUF) mide el incremento del peso seco total de la planta por unidad de área foliar por

unidad de tiempo, y se expresa en  $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$  (Hunt, 1982; Becerril *et al.*, 1993). Sus máximos valores se encontraron en fertirriego y acolchado. La TUF mostró una disminución en todos los tratamientos, sobre todo en

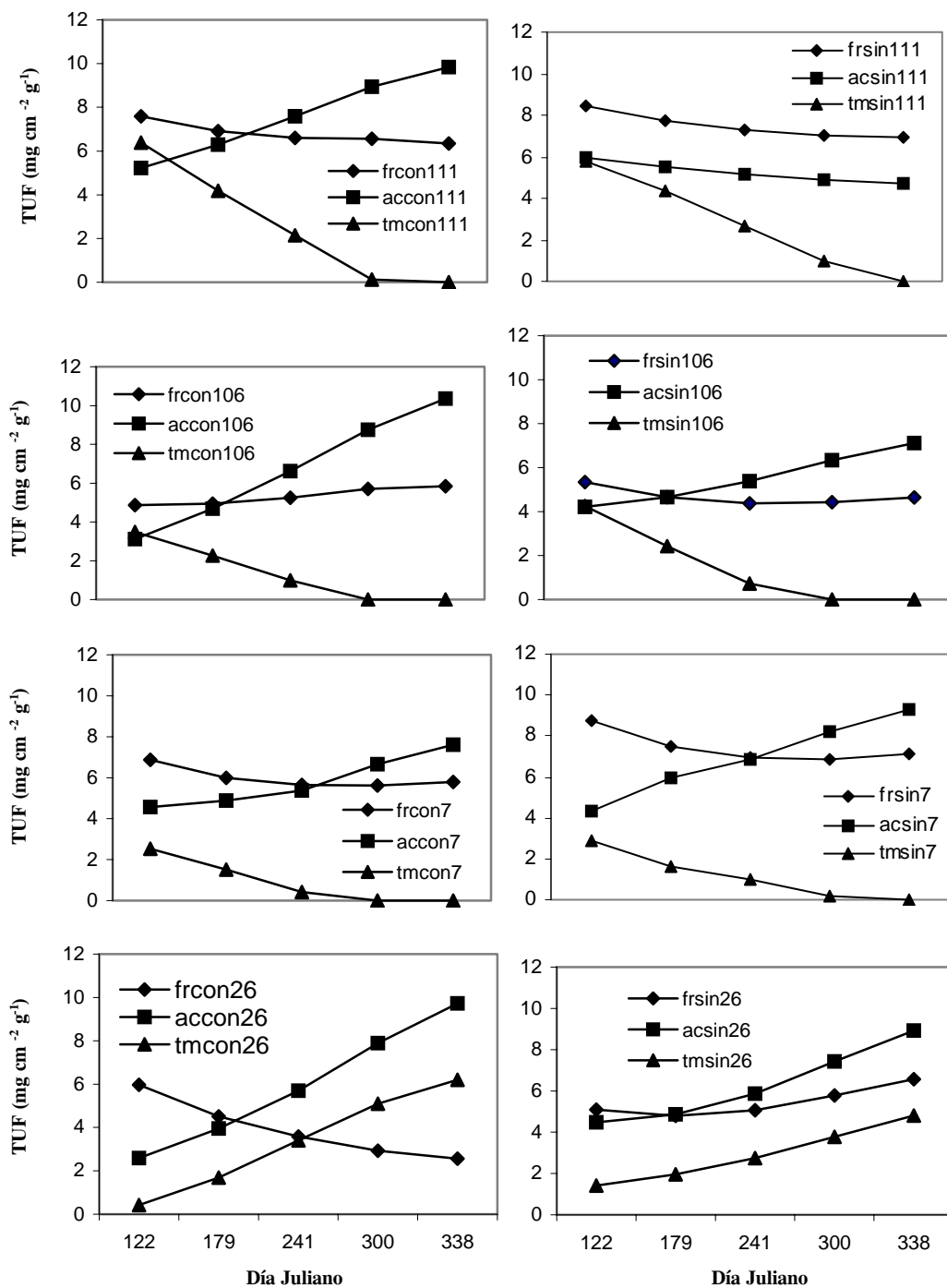


Figura 4. Tasa unitaria foliar (TUF) (mg cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) en plantas de manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad, en función de la humedad edáfica (fr=fertirriego, ac=acolchado, tm=temporal), fertilización orgánica (con y sin) y portainjertos (MM111, MM106, M7 y M26).



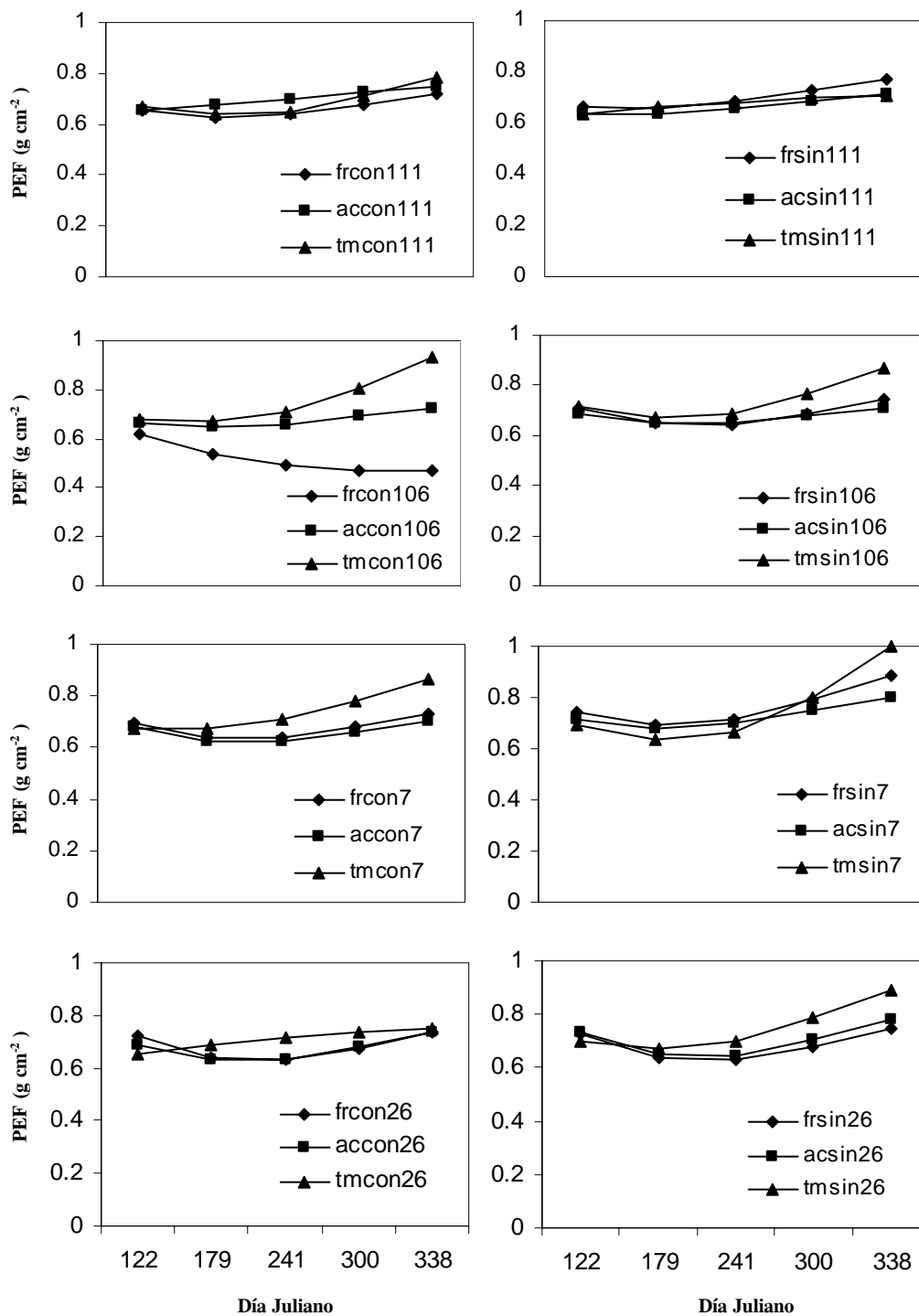


Figura 5. Peso específico foliar (PEF) (g cm<sup>-2</sup>) de plantas de manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad, en función de la humedad edáfica (fr=fertirriego, ac=acolchado, tm=temporal), fertilización orgánica (con y sin) y portainjertos (MM111, MM106, M7 y M26).

temporal y fertirriego; en condición de acolchado plástico, la TUF es más estable y aumenta con la edad, similar a lo ocurrido en la TRC. En temporal sólo con M26 se presen-

tó un incremento a través de la temporada, en contraste con MM111, MM106 y M7 (Figura 4). En fertirriego y cubierta plástica la TUF se mantuvo con valores entre 6 y

8 mg cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> hasta el final de la temporada, mientras que en temporal se redujo a cero en MM111, MM106 y M7, pero no en M26, similar a lo ocurrido en la TRC (Figura 4).

### Peso específico foliar

Este índice fisiológico (PEF) indica la cantidad de peso seco total de la planta en relación al área foliar producida, y se expresa en g cm<sup>-2</sup>. Del DJ 122 al 241 hubo una ligera disminución del PEF en FR y AC, ó se mantuvo muy estable en todos los tratamientos, lo que se atribuye a los aumentos similares en área foliar y en peso seco total de la planta. Pero del DJ 241 en adelante, en todos los tratamientos se presentó un aumento del PEF hasta el final de la temporada, en particular en el tratamiento de temporal, con los diferentes portainjertos (Figura 5). Esto indica que el PEF, al igual que TRC y TUF, están fuertemente influenciados por la humedad en el suelo y en menor grado por el portainjerto. El aumento en el PEF se debe, probablemente, a que la hoja en esa etapa de desarrollo ya no actúa como fuente de fotosintatos, sino como órgano de reserva por lo que el PEF aumenta (Vázquez *et al.*, 1994). En temporal se presentaron los valores más altos de PEF al final de la temporada, debido a que en este tratamiento el crecimiento de brotes y sistema radical fue mínimo, mientras que el área foliar, se mantuvo, como la indicaron las cinéticas de TRC y TUF, que aumentaron a través del experimento posiblemente por la creciente de notando eficiencia fotosintética.

### CONCLUSIONES

El peso seco y el área foliar del manzano fue mayor en condiciones de fertirriego y cubierta plástica, que en condiciones de temporal o secano, sin embargo, en temporal el portainjerto MM111 presentó mayor acumulación de peso seco y área foliar.

Los valores de tasa relativa de crecimiento, tasa unitaria foliar y peso específico de la hoja fueron similares en al acolchado con cubierta plástica y en fertirriego, pero la cubierta plástica logró un ahorro de 48 % de agua, ya que evita las pérdidas de agua por evaporación.

En los portainjertos MM111, MM106 y M7 se presentaron mayores tasas relativa de crecimiento y unitaria foliar que en M26. El mayor peso específico foliar se presentó al final de la temporada, particularmente en temporal y en los portainjertos MM106, M7 y M26.

La fertilización orgánica evaluada no presentó efectos favorables destacados en el desarrollo de la planta.

### AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, que a través del CONACYT, apoyó al primer autor con una beca para obtener el grado de doctor y poder desarrollar este trabajo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Beadle C L (1988)** Análisis del crecimiento vegetal. *In:* Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad. J. Coombs, D O Hall, S P Long, J M Scurlock (eds). Ed. Futura. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Edo. de México, México. pp:17-21.
- Becerril R A E, M G Beech, T A Hill (1993)** Growth analysis of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) under controlled environment conditions. *In:* Growth and Nutrient Uptake of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.), A E Becerril-R, J D Quinlan (eds). Ed. Futura. México. 24 p.
- Brand D G, G F Weetman, P Rehler (1987)** Growth analysis of perennial plants: The relative production rate and its yield components. *Ann. Bot.* 59:45-53.
- COSTAT (1989)** CoStat 3.03, CoHort Software, P.O. Box 1149, Berkeley, CA 94701, USA.
- Dubey R S (1994)** Protein synthesis by plants under stressful conditions. *In:* Handbook of Plant and Crop Stress. M Pessarakli (ed). Marcel Dekker, Inc. New York. pp:277-299.
- Fernández R T, R L Perry, J A Flore (1997)** Drought response of young apple trees on three rootstocks. II. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, water relations and leaf abscisic acid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(6):841-848.
- García E (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. 217 p.
- Hunt R (1982)** Plant Growth Curves. Edward Arnold (Publishers). Ltd. London. 248 p.
- Ibáñez M A, A E Becerril R, A Castillo M, R A Parra Q, C López C (2000)** Efecto de cubiertas, riego y fertilización foliar en el desarrollo radical del manzano. *Terra* 18(3):225-237.
- Ovando C M E, A E Becerril R, R Mosqueda V, V Serrano A (1993)** Análisis del crecimiento de tres portainjertos y dos cultivares de limón mexicano en vivero. *Agrociencia S. Fitociencia* 4(4):59-70.
- Parra Q R A, A E Becerril R, C López C, A Castillo M (2002a)** Crecimiento del manzano cv Golden Delicious sobre cuatro portainjertos en diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(2):201-208.
- Parra Q R A, A E Becerril R, C López C (2002b)** Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos en manzano 'Golden Delicious' injertado sobre portainjertos clonales. *Terra* 20(2):113-121.
- Wang Z, G W Stutte (1992)** The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:816-823.
- Vázquez M M, A E Becerril R, G Alcantar G, A Martínez G (1994)** Análisis del crecimiento y nutrición del cafeto (*Coffea arabica* L.) cv. Catimor bajo condiciones de vivero I. Crecimiento. *Agrociencia S. Fitociencia* 5(1):81-92.