

CRECIMIENTO DEL MANZANO *cv* GOLDEN DELICIOUS SOBRE CUATRO PORTAINJERTOS EN DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD Y NUTRICIÓN

GROWTH OF APPLE TREES *cv* GOLDEN DELICIOUS GRAFTED ONTO FOUR ROOTSTOCKS IN DIFFERENT MOISTURE AND NUTRITION CONDITIONS

Rafael Ángel Parra-Quezada^{1*}, Alberto Enrique Becerril-Román², Cándido López-Castañeda³ y Alberto Castillo-Morales⁴

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Programa de Frutales, Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Hidalgo 1213, Cd. Cuauhtémoc, Chih., Tel y Fax: 01 (625) 582-3110. rapq@infosel.net.mx. ²Colegio de Postgraduados, Especialidad en Fruticultura, Genética y Estadística. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Montecillo, Estado de México. Tel y Fax: .01 (595) 95-20200 y 95-20262.

*Autor responsable

RESUMEN

El trabajo se realizó en Montecillo, Texcoco, México, durante 1997. Se estudió la respuesta del manzano (*Malus domestica* Borkh) *cv.* Golden Delicious de dos años de edad a diferentes niveles de humedad (fertiliriego, FR; acolchado, AC; y temporal, TM), fertilización orgánica (con y sin) y varios portainjertos (MM.111, MM.106, M.7, y M.26). Los factores y niveles se analizaron en un diseño de bloques al azar, con arreglo de parcelas subdivididas. Se midió el contenido de humedad en el suelo, el agua y el fertilizante aplicado en la temporada, así como las dimensiones del árbol y algunas relaciones entre ellas. Se encontró que es posible ahorrar 48 % de agua con el uso del AC, sin afectar significativamente el desarrollo del árbol, en comparación con FR. La fertilización orgánica en esta etapa de desarrollo del cultivo no mostró ningún beneficio. Los portainjertos que confieren mayores dimensiones son MM.111, MM.106 y M.7.

Palabras clave: *Malus domestica* Borkh, fertiliriego, acolchado, temporal, fertilización orgánica.

SUMMARY

This work was done during 1997 in Montecillo, Texcoco, México, where the response of two-year-old Golden Delicious apple (*Malus domestica* Borkh) trees under different soil moisture levels (fertigation, plastic mulch, rainfed), organic fertilization (with and without) and rootstocks (MM.111, MM.106, M.7, and M.26), were studied. This experiment was designed as a split split plot, with two replications. Soil moisture, water and applied fertilizer were quantified. Tree dimensions and some of its relationships were analyzed. It is possible to save 48 % of water by mulching without detrimental effects on tree growth, as compared to fertigation. Organic fertilization at this stage of development does not have effects on growth. Rootstocks producing the largest trees were MM.111, MM.106 and M.7.

Key words: *Malus domestica* Borkh, fertigation, mulching, rainfed, organic fertilization.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del manzano (*Malus domestica* Borkh) a escala mundial está cambiando de los sistemas tradicionales,

con 500 plantas por hectárea, riego por gravedad, fertilización una vez al año y portainjertos francos, a sistemas intensivos de cultivo que involucran de 1500 a 5000 plantas por hectárea (Nicolai, 1998; Hampson *et al.*, 1998). Los sistemas intensivos exigen el uso de portainjertos clonales que presentan características agronómicas de control del tamaño (Parra *et al.*, 1990), de resistencia a plagas y a enfermedades (Robinson *et al.*, 1997) y de precocidad en el inicio de producción, lo que facilita el manejo, mejora la calidad de fruto y promueve alta producción (Parra y Guerrero, 1998); también hacen un uso más eficiente del agua con sistemas presurizados de riego como microaspersión y goteo (Nielsen *et al.*, 1998), y un manejo más eficiente de las fuentes, dosis y épocas de aplicación de fertilizantes (Stone *et al.*, 1998), dependiendo del tipo de suelo (Nielsen *et al.*, 1994) y estado fenológico del cultivo (Nielsen *et al.*, 1997).

El crecimiento de los órganos específicos del árbol de manzano se han estudiado extensivamente, pero los trabajos referentes al árbol completo son pocos (Caruso *et al.*, 1999).

El uso eficiente de agua y fertilizante es necesario en el sistema de cultivo intensivo, ya que los niveles de extracción por unidad de superficie son mayores y el espacio de suelo por explorar es más reducido (Faust, 1989). Además, los recursos agua y nutrimentos son cada vez más caros y escasos, por lo que es requieren tecnologías que promuevan su conservación y uso adecuado; tal es el caso de acolchados (plásticos, pajas, cortezas de pino o encino, aserrín y otras fuentes), y el fertiliriego en especies frutales (Alonso *et al.*, 1993; Ruiz, 1989).

El portainjerto se considera un componente importante del sistema, ya que es el responsable de la absorción y

transporte de agua y nutrimentos del suelo hacia la parte aérea (Barritt, 1992). En México se utilizan los portainjertos francos, MM.111, MM.106, M.7, M.26 y M.9, en combinación con diferentes cultivares en distintos tipos de suelo y manejo (Parra *et al.*, 1990).

En el presente trabajo se estudió el crecimiento del manzano cv Golden Delicious en varias condiciones de humedad (fertirriego, acolchado con plástico y secano o temporal), fertilización orgánica (con y sin) y portainjertos clonales (MM.111, MM.106, M.7 y M.26) con potencial para ser utilizados en las nuevas huertas de manzano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante 1997, en condiciones de campo, en Montecillo, Texcoco, México, ubicado a 19° 28' de L.N. y 98° 53' de L.O., a 2240 msnm (García, 1981). Las temperaturas máximas se registraron en los meses de mayo a septiembre, con fluctuaciones de 20 a 25° C; la temperatura media fluctuó entre 16 y 18° C en los mismos meses. Las temperaturas mínimas se registraron en enero, febrero, noviembre y diciembre, con -2° C. La precipitación anual fue de 473 mm, con una mayor proporción en los meses de abril, junio y julio. La evaporación fluctuó entre 100 y 150 mm mensuales, con un total anual de 1562 mm.

Se usaron plantas de un año de edad, con el cv Golden Delicious injertadas sobre los portainjertos MM.111, MM.106, M.7 y M.26. La plantación se realizó el 24 de febrero de 1997 en Montecillo, México. La distancia entre plantas fue de 60 cm a lo largo de la hilera y a 1 m entre hileras, a doble hilera; la distancia entre las dobles hileras fue de 2 metros, para dar margen a la cubierta de plástico. Para evitar que la humedad del tratamiento de riego constante y el de precipitación se extendieran al tratamiento de acolchado (AC), se colocó en la calle un plástico en forma vertical hasta una profundidad de 85 a 90 cm, que fue donde se encontró una capa de tepetate.

El lote se manejó controlando la maleza en forma manual sobre la hilera de árboles, en los tratamientos de fertirriego (FR) y temporal (TM). En AC el plástico evitó la germinación de semillas de maleza; entre hileras se mantuvo una cubierta de pasto cortado periódicamente.

Para regar se diseñó e instaló un sistema de cinta de goteo, el cual tuvo un gasto de 21.6 mL por minuto por emisor, para dar una lámina de 1.296 L h⁻¹ por gotero. En cada manguera o cinta se tuvieron 47 emisores o goteros, lo que dio un gasto de 60.9 L h⁻¹ por manguera. La franja de humedecimiento que se logró con el sistema en el suelo seco, fue de 40 cm de ancho y 30 cm de profundidad

después de 2 horas de riego. Un día después de la aplicación, la humedad se juntó con la del suelo, a una profundidad de 60 cm aproximadamente.

Los factores estudiados y sus niveles fueron:

1) Riego: a) Fertirriego. Se aplicó cada vez que el tensiómetro localizado a 20 cm de profundidad en el área del sistema radical de las plantas marcó 20 centibares. La fertilización inorgánica que se aplicó fue de 100-70-150 ppm de N-P-K cada vez que se regó; las fuentes de los nutrimentos fueron: nitrato de potasio, nitrato de amonio y ácido fosfórico. La mezcla se inyectó al sistema de riego mediante un venturi 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 plástico. 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. El riego en este caso consistió en aplicar la precipitación promedio ocurrida en las zonas manzaneras del país, simulando los periodos de sequía y precipitación que ocurren en Jerez, Zac., Cuauhtémoc, Chih., Canatlán, Dgo. y Arteaga, Coah. (400 mm). c) Temporal. Se manejó con la precipitación que ocurrió en Montecillo, Méx. a suelo descubierto.

2) Fertilización organo-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 (2-18-6-5-45 % de N-P-K-S-MO); 2) 150 g de composta tipo K (9-5-12-5-45 % de N-P-K-S-MO); 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.

La combinación de estos factores y niveles requirió de un diseño experimental de dos bloques al azar con parcelas subdivididas (factorial 3x2x4), con el factor nivel de humedad en la parcela grande, fertilización orgánica en la parcela mediana y portainjertos en la parcela chica. Se establecieron seis plantas por unidad experimental (UE) y se muestreó una de cada UE en cada uno de los seis muestreos realizados a través del año; en todos los casos se utilizó la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), con el paquete estadístico COSTAT versión 3.03 (1989).

Dado que los muestreos fueron destructivos, la secuencia de medición de las variables fue la siguiente: antes de

extraer la planta se evaluaron diámetro del tronco (5 cm arriba de la unión del injerto), crecimiento acumulado de brotes y altura de planta; después de extraída la planta se evaluó el área foliar con un integrador de área foliar Licor 3000; posteriormente se dividió la planta en hojas, tallo del cultivar, tallo del portainjerto y raíces; estos órganos se secaron en estufa a 70° C hasta peso constante y se determinó la biomasa. También se evaluó el contenido de humedad en el suelo mediante el método gravimétrico, utilizando una barrena tipo Veihmeyer, dentro de la hilera de árboles; además se determinó la capacidad de campo (14.56 %) mediante olla de presión y el punto de marchitamiento permanente (7.79 %) mediante membrana de presión. También se cuantificó el agua y la fertilización aplicada a través del sistema de riego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad en el suelo

Hubo una disminución rápida del contenido de humedad edáfica una vez que se establecieron los niveles de acolchado (AC) y temporal (TM), mientras que en fertirriego (FR) la humedad se mantuvo arriba, pero abajo de capacidad de campo (Figura 1). Del 25 de abril al 3 de julio, los contenidos de humedad en AC y TM bajaron de 17 a 10 y 13 % de humedad, respectivamente. Una vez que se inició la aplicación del equivalente a los 400 mm de precipitación en el tratamiento de AC, el contenido de humedad se incrementó rápidamente y se mantuvo similar a FR, pero sin la inyección de fertilizante. Esto indica que el acolchado con plástico disminuyó las pérdidas de agua por evaporación y se mantuvo una humedad uniforme en el sustrato, como también observaron Stone *et al.* (1998) y Lamont (1996). En el tratamiento de TM se alcanzaron contenidos de humedad inferiores al punto de marchitamiento permanente (7.79 %), en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Agua aplicada

La precipitación ocurrida durante la estación de crecimiento (463 mm) se sumó a la aplicada en FR (364.5 L ó 729 mm de lluvia) para dar un total de 1193 mm; para el tratamiento de acolchado se aplicaron 400 mm de lluvia, lo que equivale a 248.8 L, que más el riego de establecimiento dio un total de 614.7 mm, pero presumiblemente sin pérdidas por evaporación; por su parte el temporal fue de 463.3 mm de lluvia, y más el riego de establecimiento dio un total de 600 mm (Figura 2). El ahorro de agua en AC con respecto a FR es de 48 %, y si se considera que el ahorro de agua del riego rodado con respecto al FR es de 40 %, la implementación del FR + AC representaría un ahorro de agua importante. Esto significa una excelente

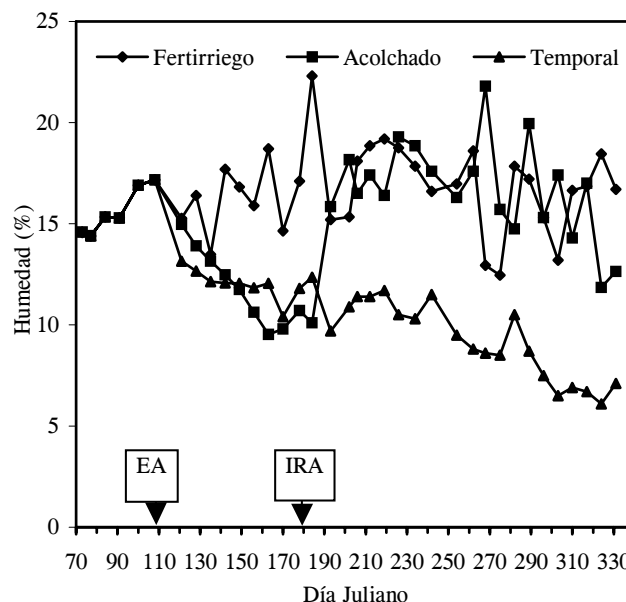


Figura 1. Contenido de humedad (promedio 0-45 cm de profundidad) en el suelo y promedio de los niveles de fertilización orgánica. EA=Establecimiento del acolchado; IRA=Inicio del riego en acolchado.

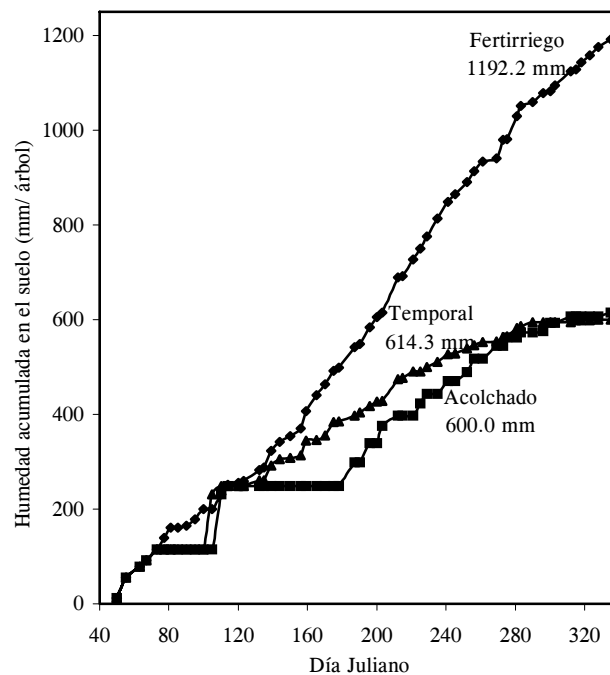


Figura 2. Cantidad de agua aplicada por árbol en condiciones de fertirriego (riego + lluvia simulada), acolchado (riego + lluvia simulada) y temporal (lluvia).

alternativa para el uso eficiente del agua, y por consiguiente del fertilizante. Sin embargo, considerando que el plástico es caro, que se requiere mayor cuidado para su instalación y que puede ser una fuente de contaminación ambiental, se pueden considerar otras alternativas como son las cubiertas orgánicas con estiércol, pastos secos, paja de

pino, corteza de pino o encino, aserrín, rastrojo de maíz o paja de frijol, etc., que además de reducir la evaporación, controlan maleza, aportan materia orgánica y en algunos casos nutrientes al suelo, y favorecen un desarrollo del sistema radical más superficial, que es donde se encuentra el mayor contenido de algunos nutrientes (Ibáñez *et al.*, 2000).

Fertilización

Las cantidades aplicadas de fertilizante a través del sistema de riego en FR fue de 28, 18 y 42 g por árbol por año de N, P y K, respectivamente (Figura 3). En el estado de Chihuahua la fertilización en árboles de dos años se hace una vez por año, antes de plantar y consiste en 25 g de N por árbol. En algunos casos se aplica P utilizando como fuente la fórmula 18-46-0, en cantidad de 60 g por planta por año, lo que representa 10.8 y 27.6 g por árbol por año de N y P, respectivamente.

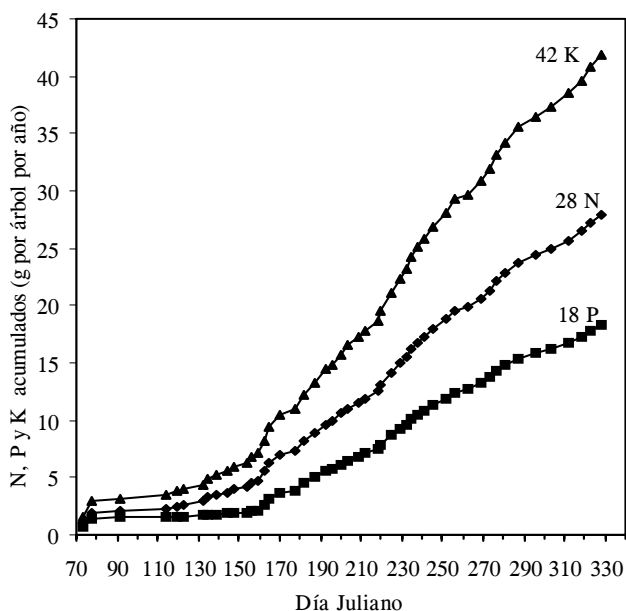


Figura 3. Nutrientes aplicados (g de N, P y K por árbol por año) en manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad bajo fertirriego.

Diámetro del tronco

En AC el diámetro del tronco mostró un incremento similar al de FR, y aunque no se regó desde el día juliano (DJ) 115 (25 de abril), en que se estableció el plástico, hasta el DJ 184 (3 de julio), en que se inició la aplicación de los 400 mm de precipitación; durante este lapso (69 días), la planta se mantuvo con la humedad residual del riego de establecimiento (18 %), la cual fue descendiendo hasta 8 %, no obstante que la evaporación se redujo con el AC. Cabe indicar que en AC el diámetro del tronco manifestó

un incremento entre los DJ 210 y 270 con respecto a FR, pero al final de la temporada, el diámetro alcanzado fue estadísticamente igual, pero ambos superiores a TM, el cual fue 33 % más delgado (Figura 4). Para el factor MO hubo diferencias significativas entre los DJ 209 y 270, y tuvo mayores valores el tratamiento sin MO en el sustrato, pero al final de la temporada el diámetro del tronco fue estadísticamente igual (Figura 4). Para el factor portainjerto se encontraron diferencias significativas, donde destaca, en orden de vigor, MM.111, MM.106, M.7 y M.26, acentuándose las diferencias al final de la temporada, lo que concuerda con Parra *et al.* (1990).

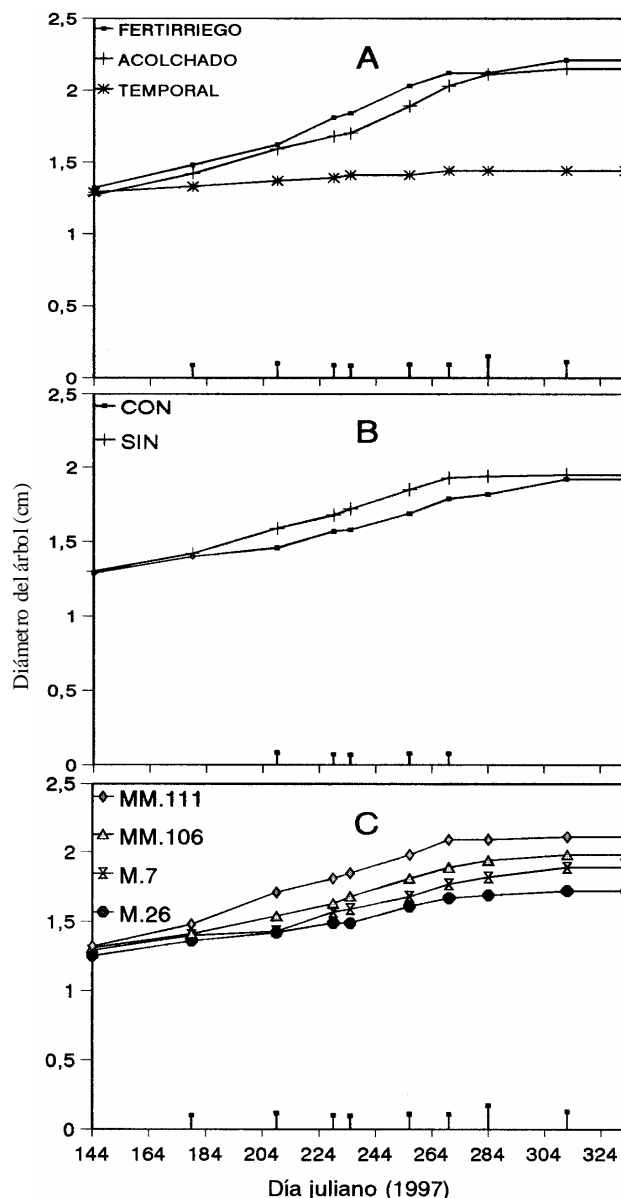


Figura 4. Cinética del diámetro de tronco en función de la humedad edáfica (A), fertilización orgánica (B) y portainjertos (C) a través de la temporada, en manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad. Las barras indican DMS de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).

Crecimiento de brotes

En condiciones de TM el crecimiento vegetativo tuvo un incremento de 26 % del DJ 144 al 333; en el tratamiento de FR, el crecimiento fue constante hasta finales del año, y en el tratamiento AC, no obstante que se adicionó agua hasta el DJ 184 (3 de julio), hubo un ligero incremento al inicio (DJ 144 al 179), ya que sólo estaba utilizando el agua contenida en el sustrato, la cual fue en descenso, pero una vez iniciado el suplemento de los 400 mm de lluvia, presentó un incremento constante, de tal manera que alcanzó a FR en el DJ 304, fecha en que no se presentaron diferencias significativas entre estos tratamientos (Figura 5A). Es importante indicar que entre el establecimiento del plástico y el inicio del riego en AC (DJ 184), a la vez que se presentó una menor tasa de crecimiento vegetativo, también se manifestó diferenciación floral en la yema apical, la cual floreció una vez iniciado el riego.

Para el factor fertilización orgánica al sustrato, se encontraron diferencias significativas a mediados de la temporada, en donde destacó el tratamiento sin MO, pero al final de la misma llegan a un crecimiento similar (Figura 5B). La adición de MO al sustrato durante este año no produjo beneficios, ya que no favoreció el crecimiento del brote a mediados de la temporada.

La influencia que tiene el portainjerto en el crecimiento vegetativo es la que se esperaba, ya que el portainjerto que trasmite más vigor a la parte aérea es MM.111 (Parra *et al.*, 1990), y la reducción de vigor con respecto a MM.111 es del 7, 12 y 50 % para MM.106, M.7 y M.26, respectivamente, al final de la estación (Figura 5C). La interacción humedad y portainjerto fue significativa (Cuadro 1), y el máximo crecimiento se presentó en los portainjertos de mayor vigor en FR y AC, ya que fue mucho menor en TM; pero dentro de TM, el portainjerto MM.111 fue el mejor, lo que concuerda con lo encontrado por Fernandez *et al.* (1997) y Parra (1999).

Cuadro 1. Efecto de la humedad edáfica y del portainjerto sobre el crecimiento de brotes de manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad en el día juliano 338.

Humedad/Portainjerto	Crecimiento de brote (cm)			
	MM.111	MM.106	M.7	M.26
Fertirriego	598.0	638.3	483.3	298.8
Acolchado	525.8	585.8	612.8	299.5
Temporal	263.8	124.0	172.0	129.3

Altura del árbol

La humedad en el suelo fue el factor que más influyó en esta variable, ya que en condiciones de FR y AC la altura del árbol fue 95.2 y 72.8 % más que en TM (Figura 6A). No se presentaron diferencias significativas entre AC

y TM en los DJ 144 y 179, cuando aún no se iniciaba el riego en AC; pero una vez que el riego se inició en AC (DJ 184), el crecimiento de los árboles fue similar a FR, diferencias que se mantuvieron hasta el DJ 333. Esto pone de manifiesto que el déficit de humedad regulado, en combinación con acolchados (plástico u orgánico) se pueden utilizar para hacer un uso eficiente del agua y promover el crecimiento del árbol, aunque sería importante conocer el efecto en el crecimiento del fruto y cuándo sería más conveniente aplicarlo.

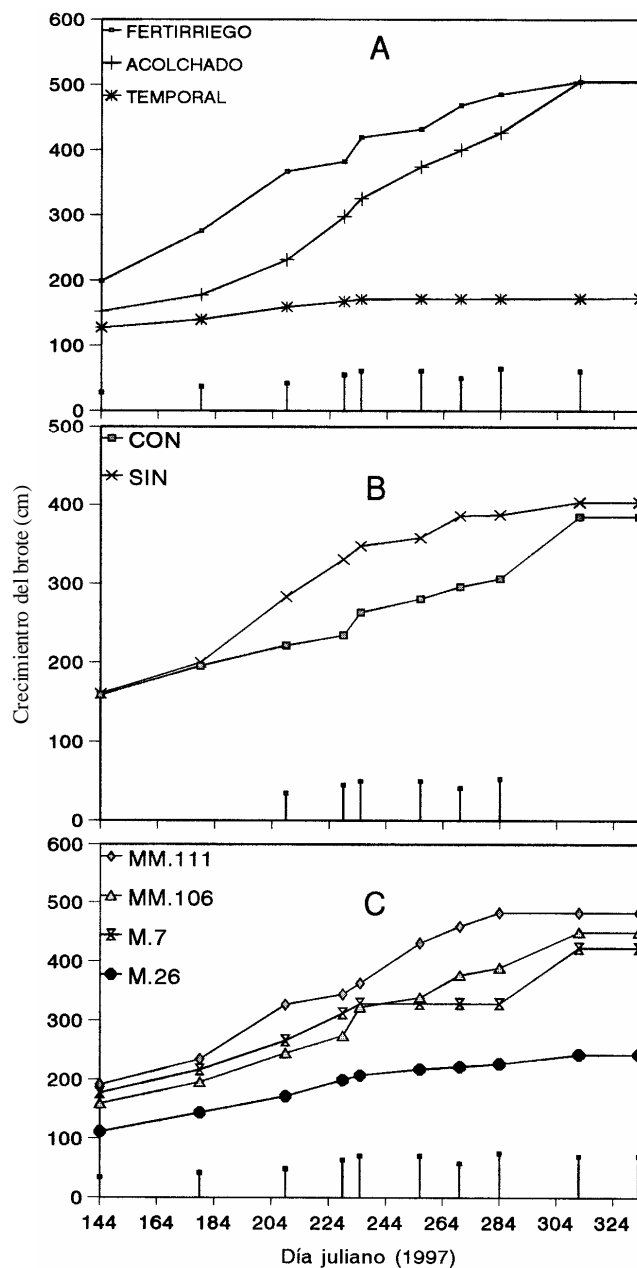


Figura 5. Cinética del crecimiento del brote en función de la humedad edáfica (A), fertilización orgánica (B) y portainjertos (C) durante de la temporada, en manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad. Las barras indican DMS de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Para el factor fertilización orgánica se presentaron diferencias significativas del DJ 144 al 235 a favor de no aplicar la composta, pero a partir de esa fecha los dos niveles fueron estadísticamente iguales hasta el final de la temporada (Figura 6). El portainjerto M.26 fue el más enanizante (Barritt, 1992), y esta variable lo confirma una vez más.

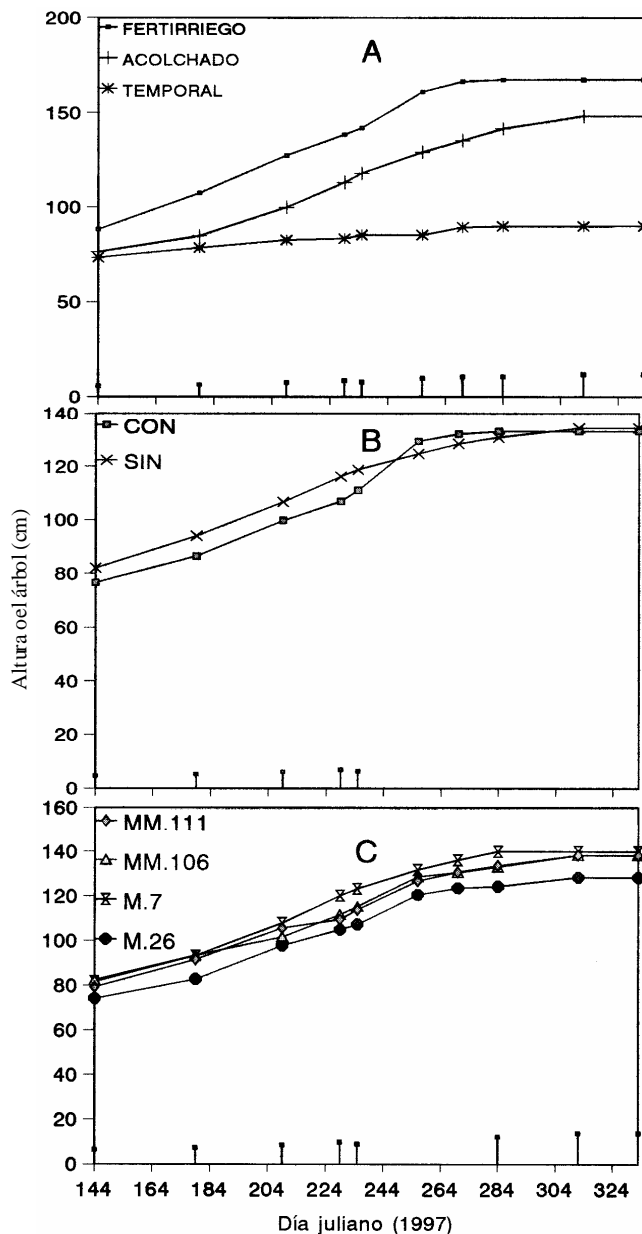


Figura 6. Cinética de la altura del árbol en función de la humedad edáfica (A), fertilización orgánica (B) y portainjertos (C) durante de la temporada en manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad. Las barras indican DMS de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Área foliar

Esta variable fue significativamente afectada por los tres factores estudiados. Dependiendo de la cantidad de

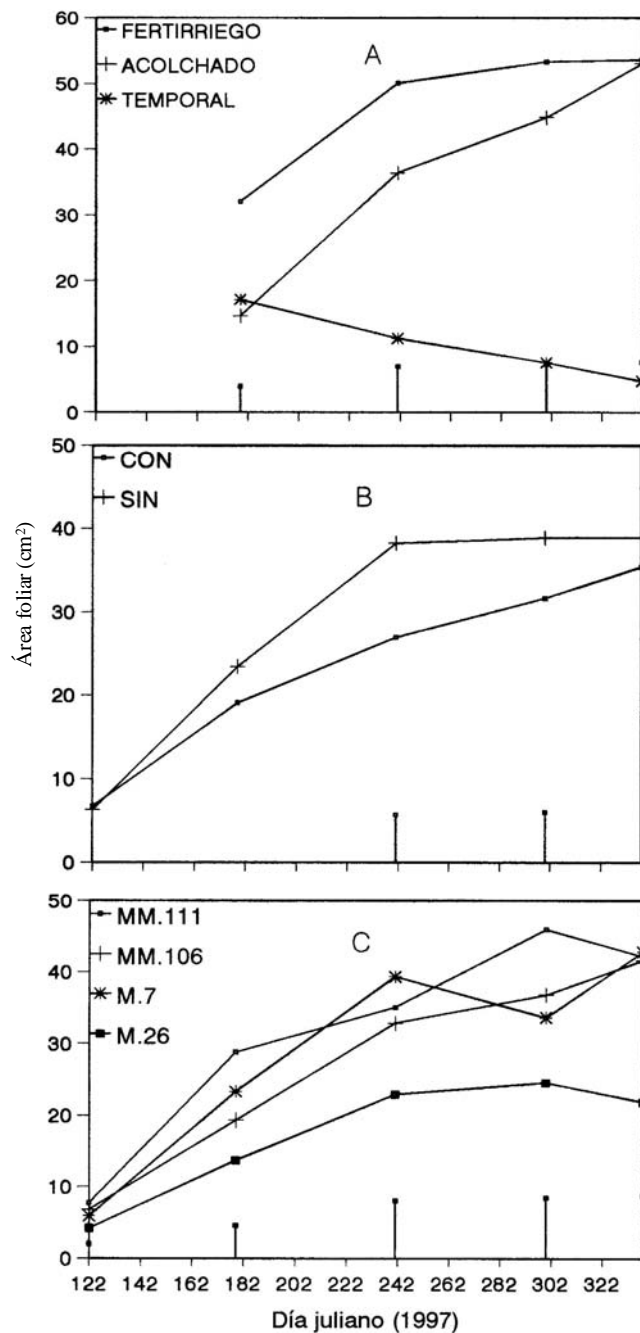


Figura 7. Cinética del área foliar en función de la humedad edáfica (A), fertilización orgánica (B) y portainjertos (C) en manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad. Las barras indican DMS de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

agua en el suelo, el área foliar se incrementó o sufrió un decremento por caída de hojas; éste es el caso de TM, el cual inició similar a AC (Figura 7). También se encontró significativa la interacción riego portainjerto; y MM.111 y M.26 en condiciones de TM presentaron los valores más altos de área foliar (Cuadro 2). Para el factor fertilización orgánica (MO) al suelo, destaca el tratamiento sin MO a través de la estación y los niveles fueron estadísticamente

diferentes en los DJ 241 y 300, pero al final de la estación de crecimiento fueron estadísticamente iguales (Figura 7). La reducción de vigor que el portainjerto transmite al cultivar injertado se manifiesta también en el área foliar y se confirma que M.26 es el más enanizante con 22 dm² en promedio, mientras que el resto de los portainjertos presentan alrededor de 42 dm² de área foliar.

Cuadro 2. Efecto de la humedad edáfica y el portainjerto sobre el área foliar (dm²) en manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad en el día juliano 338.

Humedad / Portainjerto	Área foliar (dm ²)			
	MM.111	MM.106	M.7	M.26
Fertirriego	60.63	65.40	62.63	25.80
Acolchado	57.00	57.75	63.80	33.53
Temporal	8.83	1.75	2.1	6.3

Materia seca total

Los factores humedad y portainjerto fueron los que tuvieron efectos significativos a través de la estación, en sus diferentes niveles, mientras que con fertilización orgánica, sólo en dos muestreos hubo diferencias significativas (Figura 8). FR presentó la máxima acumulación de materia seca, pero fue estadísticamente igual que AC al final de la estación, lo que indica que con el uso de acolchado más los 400 mm de precipitación aplicados, en árboles de dos años de edad se puede ahorrar 48 % de agua.

La aplicación de fertilizantes orgánicos incorporados al sustrato en árboles recién plantados, parece no tener un efecto en la acumulación total de peso seco, ya que al final de la estación el nivel sin MO al sustrato fue estadísticamente superior al tratamiento con MO (Figura 8B).

Los portainjertos MM.111, MM.106 y M.7, al final de la estación (DJ 338), fueron estadísticamente iguales, con 450, 482 y 466 g por planta de peso seco, mientras que M.26 apenas tuvo 284 g. La interacción que resultó significativa fue riego portainjerto, ya que hubo una acumulación de peso seco similar en FR y AC, y menor en TM, en todos los portainjertos; sin embargo, el portainjerto MM.111 en TM, destaca con mayor peso seco total, lo que coincide con Fernández *et al.* (1997) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la humedad edáfica y el portainjerto sobre el peso seco total en manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad en el día juliano 338.

Humedad/Portainjerto	Peso seco total (g por planta)			
	MM.111	MM.106	M.7	M.26
Fertirriego	702.2	782.4	676.4	321.7
Acolchado	471.5	537.7	612.8	396.2
Temporal	177.2	127.6	109.6	134.2

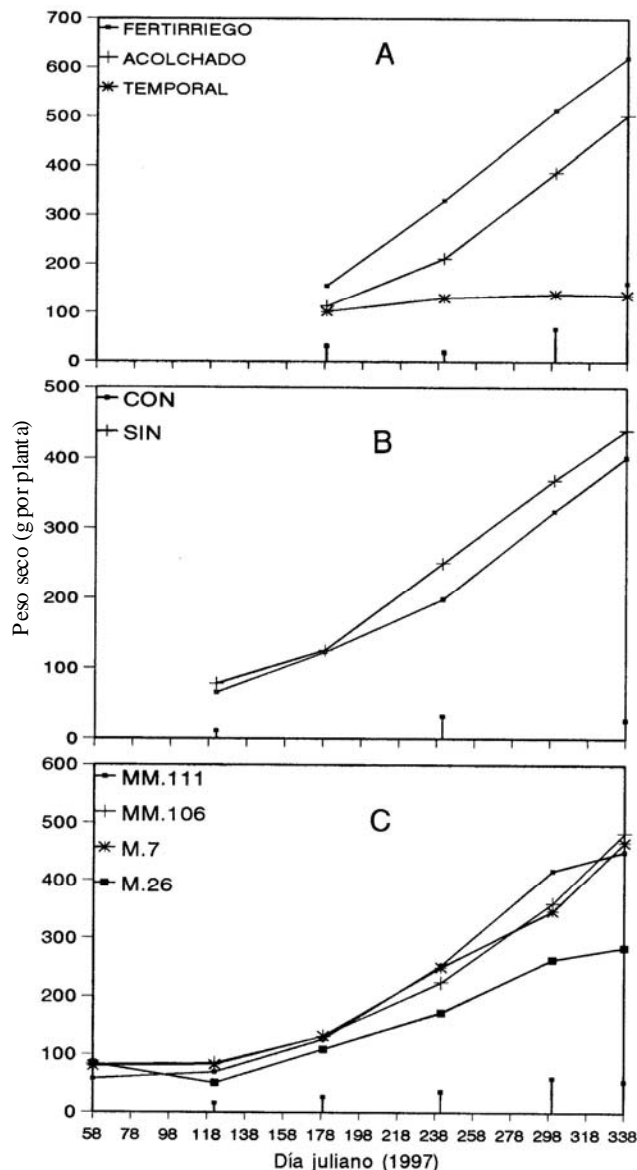


Figura 8. Cinética del peso seco total en función de la humedad edáfica (A), fertilización orgánica (B) y portainjertos (C) durante de la temporada, en manzano cv. Golden Delicious de dos años de edad. Las barras indican DMS de acuerdo con la prueba de Tukey (P<0.05).

CONCLUSIONES

El acolchado con plástico permitió ahorrar 48 % de agua, en relación al fertirriego sin acolchar.

Las dimensiones del árbol en condiciones de acolchado con plástico fueron estadísticamente iguales que en fertirriego.

La fertilización orgánica aplicada en esta etapa del cultivo, no mostró ningún beneficio en el desarrollo del árbol.

El portainjerto que produjo los árboles más compactos fue M.26.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso V R, E Peña C, J Hernández D, H Macías H (1993)** Acolchado del suelo y fertilización nitrogenada de manzano (*Malus silvestris* Mill) de temporal. *Horticultura Mexicana* 2(1):45-48.
- Barritt B H (1992)** Intensive Orchard Management. Good Fruit Grower, Yakima, Washington. 211 p.
- Caruso T, P Inglese, F Sottile, F P Marra (1999)** Effect of planting system on productivity, dry matter partitioning and carbohydrate content in above ground components of "Flordprince" peach trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124(1):39-45.
- COSTAT (1989)** CoStat 3.03, CoHort Software, P.O. Box 1149, Berkeley, CA 94701, USA.
- Faust M (1989)** Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley and Sons, Inc. Canada. 338 p.
- Fernandez R T, R L Perry, J A Flore (1997)** Drought response of young apple trees on three rootstocks: Growth and development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(1):14-19.
- García E (1981)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México.
- Hampson C R, H A Quamme, F Kappel, R T Browlee (1998)** Effects of apple tree density and training system on productivity. *Compact Fruit Tree* 31(3):72-76.
- 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 de manzano. *Terra* 18(3):225-237.
- Lamont W J (1996)** What are the components of a plasticulture vegetable system. *HortTech.* 6(3):150-154.
- Neilsen G H, P Parchomchuk, E J Hogue, W D Wolk, O L Lau (1994)** Response of apple trees to fertigation-induced soil acidification. *Can. J. Plant Sci.* 74:347-351.
- Neilsen D, P Millard, G H Neilsen, E J Hogue (1997)** Sources of N for leaf growth in a high-density apple (*Malus domestica*) orchard irrigated with ammonium nitrate solution. *Tree Physiol.* 17:733-739.
- Neilsen D, P Parchomchuk, G H Neilsen, E J Hogue (1998)** Using soil solution monitoring to determine the effects of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high density apple orchards. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(4):706-713.
- Nicolai J (1998)** European trends in apple tree density, rootstocks and tree training. *Compact Fruit Tree* 31(3):69-71.
- Parra-Quezada R A, V M Guerrero P, J H Siller C (1990)**. Producción, dimensiones del árbol y eficiencia de portainjertos para manzano. *Rev. Fitotec. Mex.* 13:188-203.
- Parra-Quezada RA, V M Guerrero P (1998)** Efecto del portainjerto sobre la calidad del fruto en manzano (*Malus domestica* Borkh) cv. Starkspur Supreme Delicious. *Rev. Fitotec. Mex.* 21:37-48.
- Parra-Quezada R A (1999)** Crecimiento, relaciones hídricas y nutrimentales en portainjertos de manzano. Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 259 p.
- Robinson T L, J N Cummins, S A Hoying, W Smith (1997)** Performance of the new Cornell Geneva apple rootstocks. *Compact Fruit Tree* 30:1-5.
- Ruiz B O (1989)** Materiales de acolchado y láminas de riego en el cultivo del manzano cultivar Golden Delicious. Tesis de Maestría. UAAAN, Saltillo, Coah. Méx. 166 p.
- Stone D, C Paterson, N Hipps (1998)** Targeting fertiliser applications to increase nutrient use efficiency. *Hort. Int. Res.* 86-87.