



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,  
A.C.  
México

Ibáñez Martínez, Armando; Becerril Román, A. Enrique; Castillo Morales, Alberto; Parra Quezada, Rafael A.; López Castañeda, Cándido  
Efecto de cubiertas, riego y fertilización foliar en el desarrollo radical de manzano  
Terra Latinoamericana, vol. 18, núm. 3, julio-septiembre, 2000, p. 0  
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.  
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318306>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# EFFECTO DE CUBIERTAS, RIEGO Y FERTILIZACION FOLIAR EN EL DESARROLLO RADICAL DE MANZANO

## Effect of Mulching, Irrigation and Foliar Fertilization upon Apple Root Development

Armando Ibáñez Martínez<sup>1</sup>, A. Enrique Becerril Román<sup>2</sup>, Alberto Castillo Morales<sup>3</sup>,  
Rafael A. Parra Quezada<sup>4</sup> y Cándido López Castañeda<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en el estudio de los efectos de disponibilidad hídrica (riego y temporal), cubiertas (estiércol, pasto y suelo desnudo) y fertilización foliar (con y sin aplicación) en el desarrollo radical de árboles de manzano 'Agua Nueva II'. El vigor del árbol, las cubiertas orgánicas y el riego promovieron el mayor desarrollo radical, de 7 a 52% y de 20 a 67% de incremento en longitud y densidad de raíces, respectivamente, mismo que se localizó en los primeros 30 cm de profundidad, a 30 cm del tronco y en la parte sur y norte de árboles manejados con cubierta de pasto, seguidos por aquellos con cubierta de estiércol. La fertilización foliar no afectó el desarrollo radical.

**Palabras clave:** 'Agua Nueva II', humedad del suelo, raíz.

### SUMMARY

The effects of water availability (irrigation and rainfed), mulching (manure, grass and bare soil), and foliar fertilization (with and without spraying) in the root development of apple trees 'Agua Nueva II' were studied. Tree vigor, mulching, and irrigation caused the highest root development, 7 to 52% and 20 to 67% increases in length and root density, respectively. Roots were found mainly in the first 30 cm, at 30 cm from the trunk, and on the south and north

sides of the trees grown with grass and manure mulching. Foliar fertilization did not affect root development.

**Index words:** 'Agua Nueva II', soil moisture, root.

### INTRODUCCION

La distribución del sistema radical de las plantas en el suelo juega un papel importante en dos de las funciones primarias del mismo, la absorción y transporte de agua y nutrimentos y la de anclaje, por lo que si su desarrollo es afectado, producto de la reducción implícita de volumen explorado de suelo, se limita la absorción de agua, se reduce el intercambio gaseoso y se genera la posibilidad de deficiencia y/o desbalance nutrimental. Además, se afectan otras funciones del sistema radical, como son síntesis de compuestos y almacenamiento de reservas, lo cual trae como consecuencia la disminución del crecimiento y producción de la planta (Miller, 1986). La longitud y densidad de raíces disminuye conforme aumenta la profundidad y compactación del suelo, que provoca problemas de abastecimiento de agua y nutrimental, que se reflejan en la reducción del desarrollo de la planta (Williamson *et al.*, 1992). La aparición de raíces blancas está inversamente relacionada con la presencia de frutos, deteniéndose su crecimiento antes de la apertura de yemas y reiniciando después de la cosecha, además de no correlacionarse con la disponibilidad de agua, lo cual se atribuye a la mayor penetración del sistema radical (Glenn y Welker, 1993).

El desarrollo de una planta depende de la interrelación raíz-parte aérea, en la cual existe un balance antagonico: cuando crece una parte, la otra está en letargo parcial o total. La distribución radical depende del crecimiento de raíces nuevas; en durazno ocurre después del crecimiento de brotes y antes de la abscisión de las hojas a mediados de octubre. El doble máximo de crecimiento radical observado es debido a

<sup>1</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 73800 San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla.

<sup>2</sup> Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, Méx.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 09340 México, DF.

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 31500 Cd. Cuauhtémoc, Chih.

una disminución en la producción de nuevas raíces durante los meses de verano, por presentarse el mayor crecimiento de los brotes en la parte aérea (Williamson y Coston, 1989). En manzano ‘Cox’ sobre M9, la máxima longitud de raíces nuevas ocurre después del período de máxima elongación de brotes (Atkinson, 1983).

Por otro lado, la distribución radical es afectada por el ambiente. La disminución de la humedad en el suelo causa que las raíces más cercanas a la superficie estén expuestas a condiciones más secas, por lo que se deshidratan más rápido con respecto a las raíces más profundas, donde el suelo contiene mayor humedad, enviando señales a los órganos aéreos de la planta vía xilema; esta señal de naturaleza bioquímica actúa para que las necesidades de agua se reduzcan, controlando la apertura estomatal, la tasa de transpiración, el contenido de agua en la hoja y el crecimiento. La mayoría de los cultivos frutícolas son exigentes en agua, por lo que en condiciones áridas y semiáridas es indispensable el uso del riego; en la mayoría de las regiones con mucha humedad, la precipitación provee el agua necesaria, pero si llega a faltar se presenta un estrés hídrico que provoca efectos dañinos en hojas, tallos y otras partes de la planta, los cuales se manifiestan en la calidad de los frutos y desarrollo de los árboles (Mills *et al.*, 1994).

Las prácticas que ayuden a conservar y mantener mayor disponibilidad de agua, tal es el caso de cubiertas, beneficiarán el desarrollo radical y de la planta en general. En manzano, cuando se utilizaron cubiertas como manejo de suelo, se encontraron altas cantidades de raíces fibrosas ramificadas (Coker, 1959), de igual forma con la cubierta de *Muhlenbergia schreberi* J.F. que propició alta densidad radical superficial en durazno (Parker y

Meyer, 1996). Las cubiertas orgánicas muertas (estiércol, paja, abonos verdes, composta, pastos, hierba cortada, desechos de caña de azúcar, viruta, aserrín, etc.) disminuyen las pérdidas de agua por evaporación, conservan la humedad en el suelo por un mayor período, aumentan el contenido de materia orgánica y mejoran la estructura del suelo.

Un complemento nutricional que ha causado mayor desarrollo radical son las aplicaciones de fertilizante foliar, y esta forma de adición de nutrientes es más eficiente cuando las raíces se encuentran en condiciones desfavorables para obtener suficientes nutrientes del suelo. Esta situación se presenta cuando el suelo no es fértil o tiene características físico-químicas que limitan la disponibilidad nutricional, existen bajas temperaturas, falta de humedad y tiene un sistema radical dañado o restringido (Marschner, 1986). Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo determinar los efectos de humedad del suelo, cubiertas orgánicas y fertilización foliar en el desarrollo y la distribución radical de manzano ‘Agua Nueva II’.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización y Condiciones del Sitio Experimental

El presente trabajo se llevó a cabo de octubre de 1997 a septiembre de 1998 en el huerto frutícola del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Texcoco, México, el cual se localiza a 19°29’ latitud norte , 98°54’ longitud oeste y a una altitud de 2250 m. En 1997, las temperaturas más altas se presentaron entre junio y septiembre (20 a 25 °C), en tanto que las

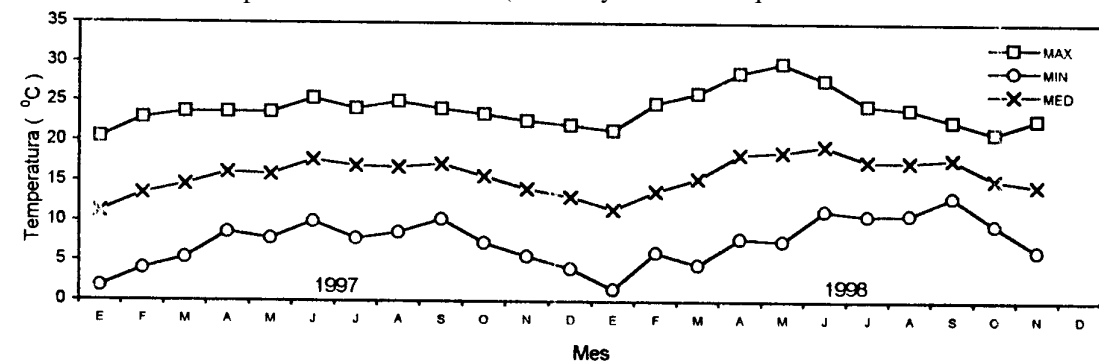


Figura 1. Promedio mensual de temperatura máxima, mínima y media ambiente durante 1997 y 1998 en Montecillo, Texcoco, México.

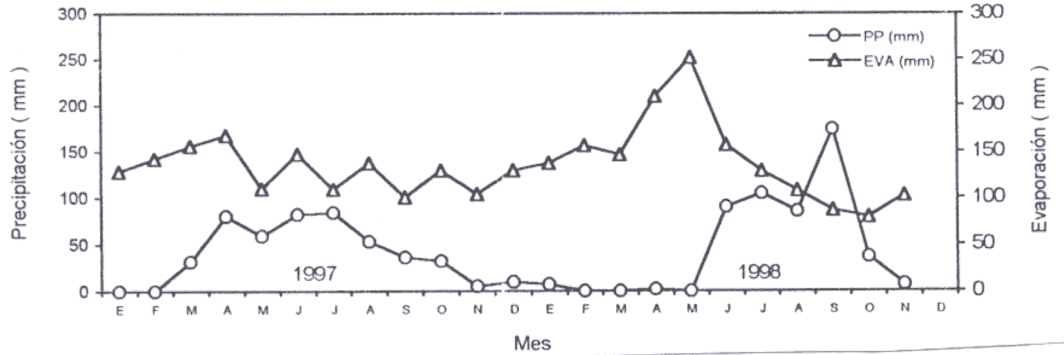


Figura 2. Variación de precipitación (PP) y evaporación (EVA) mensual durante 1997 y 1998 en Montecillo, Texcoco, México.

temperaturas más bajas en enero, febrero y diciembre (2 a 5 °C), respectivamente; en 1998, las más altas temperaturas se registraron en mayo y junio (28 a 30 °C) y la más baja en enero (1.5 °C) (Figura 1). La precipitación en 1997 fue de 473.3 mm totales, inferior a la evaporación durante todo el año; en 1998 la precipitación total fue de 505.9 mm, y se registró en junio, julio y septiembre la mayor cantidad de lluvia, la cual llegó a superar la evaporación en septiembre (Figura 2).

La variación de temperatura en el suelo estuvo afectada por el comportamiento de la temperatura del medio ambiente (Figura 3). En 1997 el ascenso de la temperatura del suelo en todas las profundidades inició desde enero y en junio se registraron las temperaturas más altas; de igual forma para 1998, las temperaturas mínimas se registraron en enero, y en abril y mayo las máximas, aunque a 30 cm de profundidad fue en junio.

A 30 cm los cambios de temperatura fueron menores que a 15 cm (Figura 3).

Se midió la temperatura del suelo en cada uno de los tratamientos (cubierta-estiércol, cubierta-pasto y suelo desnudo en condiciones de riego y temporal), para ello se colocaron dos tubos de PVC a 15 y 30 cm de profundidad, donde se introducía un geotermómetro, para tal efecto se utilizaron tubos que estaban a 60 cm del tronco en la parte sur; el registro se realizó una vez por semana de 7 a 8 y de 14 a 15 h de abril a octubre de 1998 (Figuras 4 y 5). De igual forma, en todos los tratamientos indicados también se hizo la medición de humedad mediante el método Gravimétrico, determinación que se llevó a cabo en los primeros 45 cm de profundidad, una vez por semana, de abril a agosto de 1998; para toma de las muestras de suelo se utilizó una barrena tipo Veihmeyer; en los casos de tratamientos con riego, las muestras se tomaron antes de aplicarlo (Figuras 6 y 7).

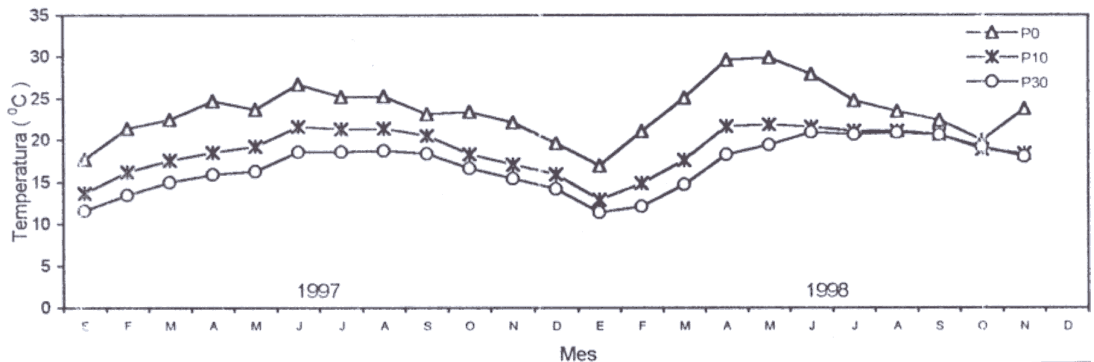


Figura 3. Variación en la temperatura media mensual del suelo desnudo a 0 (P0), 10 (P10) y 30 cm (P30) de profundidad, durante 1997 y 1998 en Montecillo, Texcoco, México.

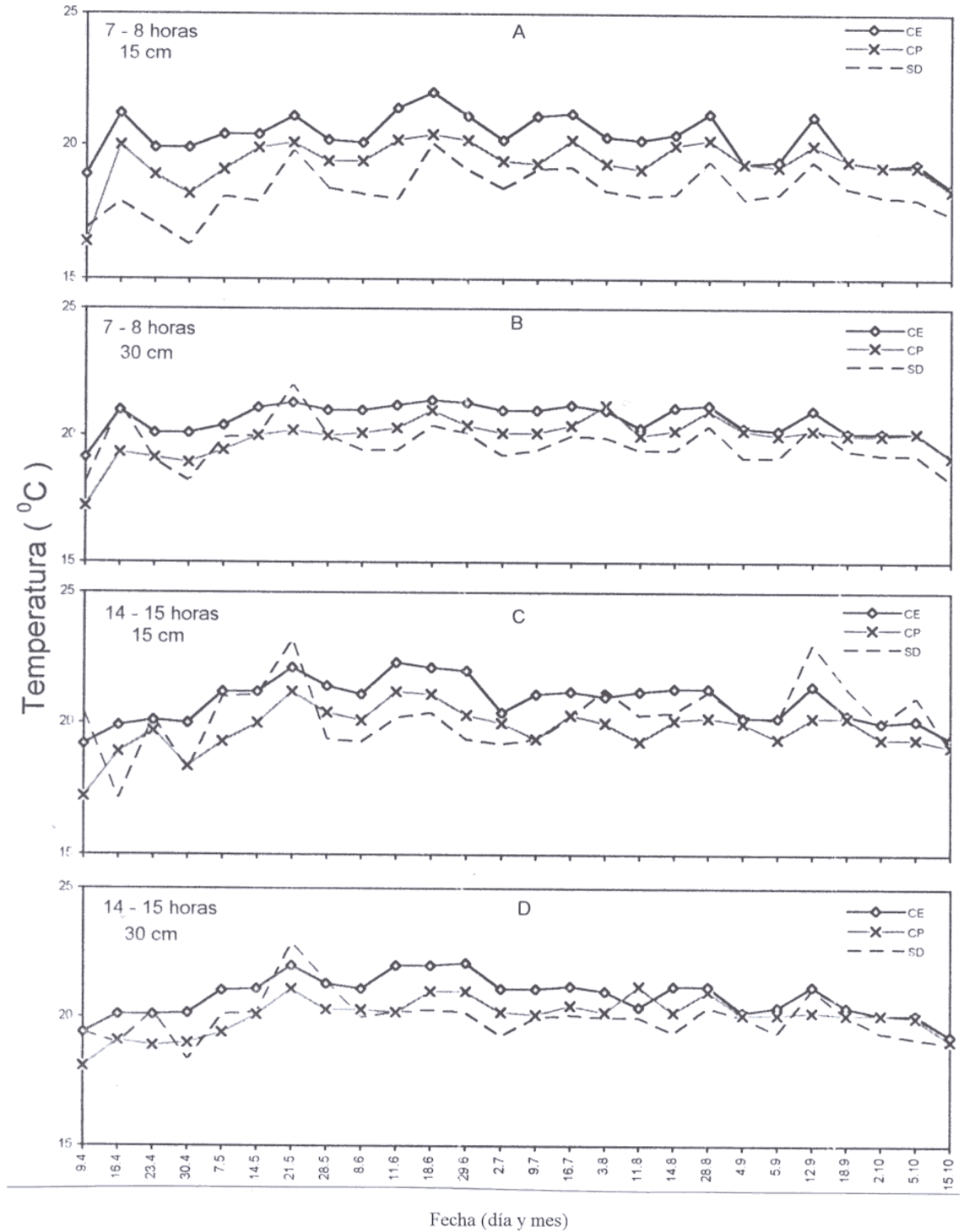


Figura 4. Temperatura del suelo en condiciones de riego, cubierta-estiércol (CE), cubierta-pasto (CP) y suelo desnudo (SD) en dos horarios y dos profundidades, durante 1998.

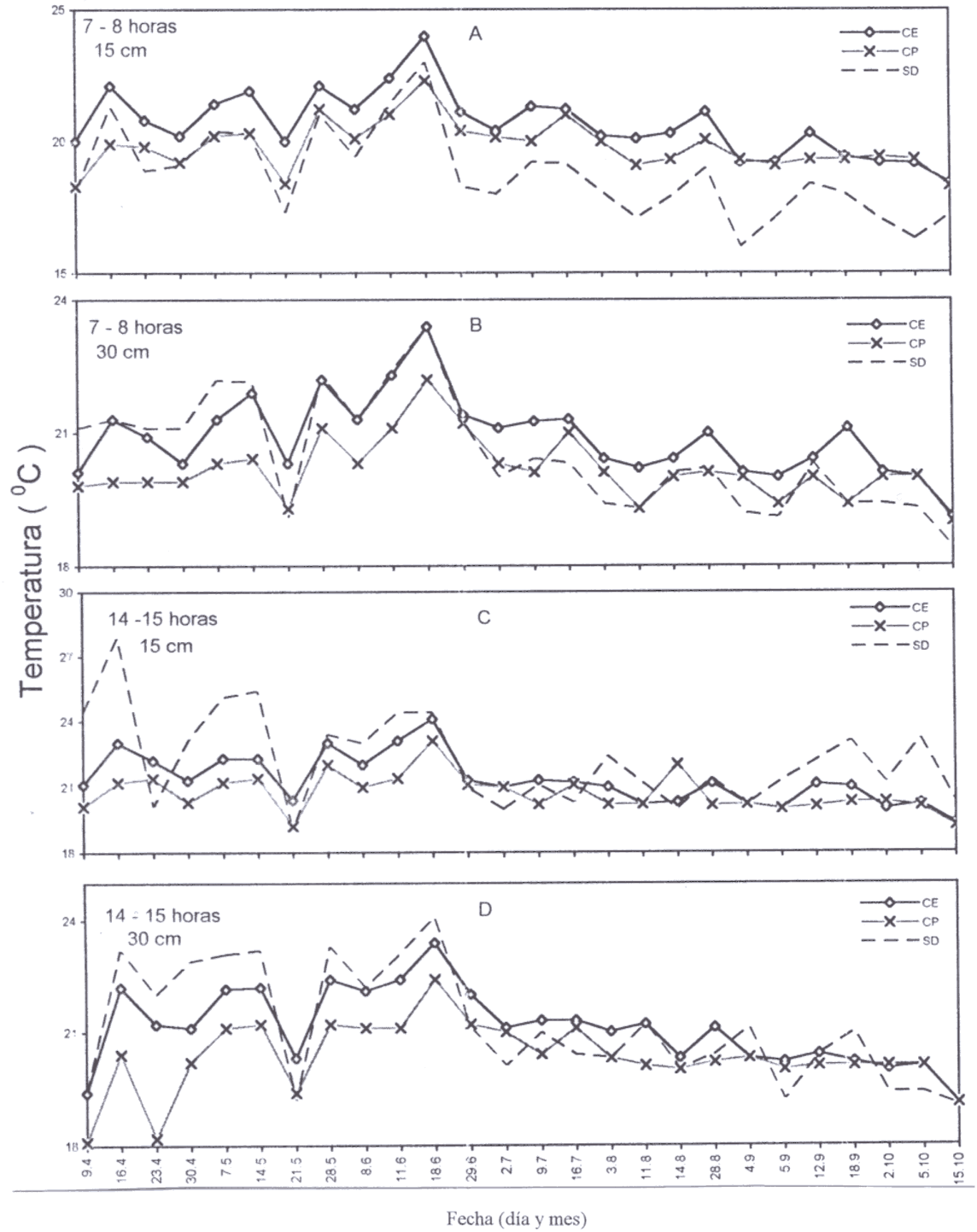


Figura 5. Temperatura del suelo en condiciones de temporal, cubierta-estiércol (CE), cubierta-pasto (CP) y suelo desnudo (SD) en dos horarios y dos profundidades, durante 1998.

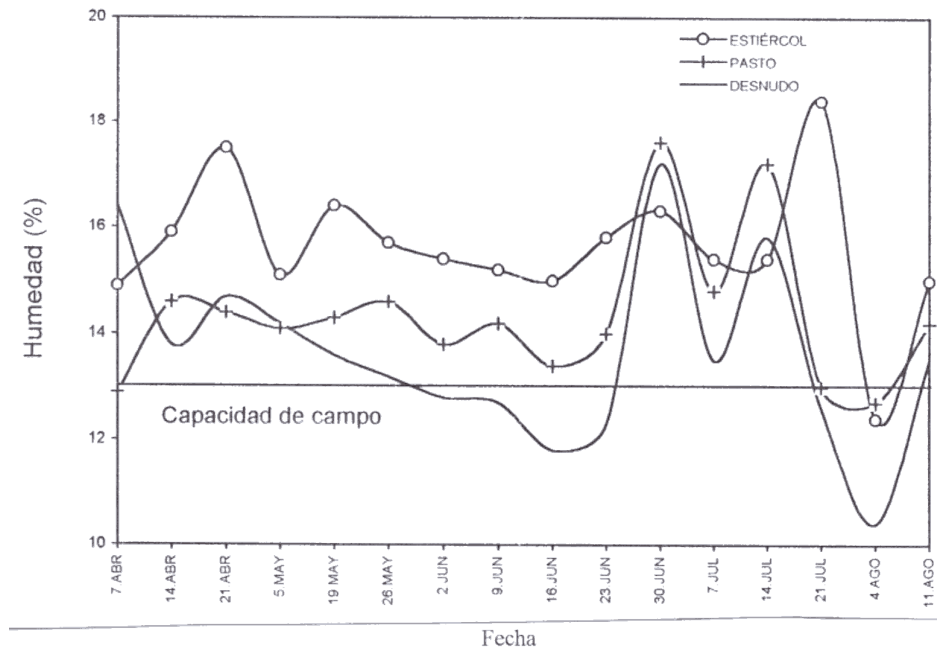


Figura 6. Porcentaje de humedad promedio (0 a 45 cm) en el suelo con cubierta de estiércol, cubierta de pasto y suelo desnudo en condiciones de riego, durante 1998.

### Material Vegetativo

Se utilizaron árboles de manzano del cultivar 'Agua Nueva II', el cual es un mutante de 'Golden Delicious' identificado en la región de Agua Nueva, Coahuila. Es un material que requiere de 400 a 500 Unidades Frío para su brotación y floración. Son árboles de ocho años de edad que se encuentran injertados sobre MM-106, plantados en un sistema semi-intensivo a 2 m entre árboles y 2.5 m entre hileras y conducidos en líder central (Miranda *et al.*, 1997). La selección de los árboles utilizados en el presente estudio se realizó con base en el diámetro de tronco y los árboles se clasificaron en tres grupos de vigor que constituyeron los bloques (Vigor Bajo: 5.75 a 6.90 cm; Vigor Intermedio: 6.95 a 7.50 cm; Vigor Alto: 7.60 a 8.50 cm).

### Diseño Experimental y Tratamientos

Para análisis de datos se utilizó un diseño de parcelas subdivididas en arreglo bloques completamente al azar con tres repeticiones (bloques), con los siguientes factores y niveles de estudio: a) humedad del suelo (riego y temporal); b) cubiertas del suelo

(estiércol, pasto y desnudo); c) fertilización foliar (con y sin aplicación); y d) distribución de raíces, identificada por las combinaciones entre orientación (norte, sur, este y oeste), distancia al tronco (30, 60 y 90 cm) y profundidad (15, 30 y 45 cm).

### Aplicación de Tratamientos y Manejo del Experimento

Las cubiertas (estiércol y pasto) se colocaron antes de la caída de hojas de los árboles en 1997, y se abarcó un metro al sur y norte del árbol, por un metro de ancho (2 m<sup>2</sup>); las cubiertas se mantuvieron con un espesor de 15 cm durante el desarrollo del experimento. El riego se realizó en forma rodada, por canales dirigidos a los árboles correspondientes; para determinar su aplicación se instalaron tres tensiómetros a una profundidad de 20 cm en cada condición de manejo del suelo; con la aplicación de riego cada ocho días se mantuvo una condición cercana o mayor a capacidad de campo (Figura 6). Las aplicaciones de fertilizante foliar se realizaron cada quince días con bomba motorizada, a partir de un mes después de la

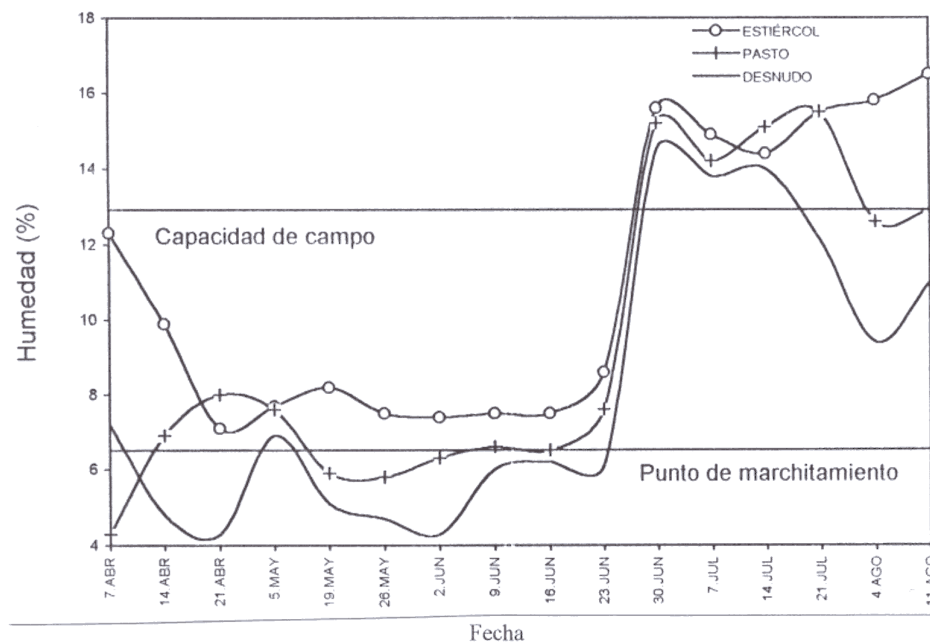


Figura 7. Porcentaje de humedad promedio (0 a 45 cm) en el suelo con cubierta de estiércol, cubierta de pasto y suelo desnudo en condiciones de temporal, durante 1998.

brotación hasta producción, utilizando 5 g de urea 'loby' sin biuret más 5 mL de 'Bayfolan' y 0.5 mL de adherente Agral-plus por litro de agua.

Se mantuvo el sistema de poda en líder central, misma que se llevó a efecto a finales de febrero de 1998. Se realizó encalado de troncos a principios de marzo de 1998 en forma manual. El lote estuvo libre de malezas y la cubierta viva (pasto) entre hileras de árboles se podó mecánicamente. El 4 y 5 de marzo de 1998 se aplicaron estimuladores de brotación en todo el huerto [Thidiazuron (TDZ) al 0.2% + Citrolina emulsificada al 0.4%], dadas las condiciones de acumulación deficiente de frío durante el invierno 1997-1998 (279 Unidades Frío). El suelo se fertilizó con la fórmula 145-72-102-12 por año, y se aplicaron 50% de la dosis el 24 de septiembre de 1997 y 50% restante el 13 de julio de 1998; la fertilización fue hecha al voleo sobre las hileras de árboles (80 m de largo por 1 m de ancho con 40 árboles) con 2.4 kg de Nitrofoska (12-12-17-2), más 640 g de urea (46-0-0), y se aplicaron 29 g de N, 14 g de P, 20 g de K y 2 g de Mg por árbol por año. Para control del pulgón (*Aphis pomi*) se utilizó 'Pirimor' (1 g L<sup>-1</sup> de agua) el 30 de abril de 1998; también se presentó cenicilla (*Sphaerotheca pannosa*), para lo cual se aplicó

'Bayletón' (2 g L<sup>-1</sup> de agua) el 7 de mayo de 1998; dada la incidencia de frailecillo (*Macroductylus* spp) fue necesario aplicar 'Malatión' (2 mL L<sup>-1</sup> de agua) el 5 de junio y el 22 de julio del mismo año.

### VARIABLES EN ESTUDIO

**Longitud y densidad de raíces.** En otoño de 1998, con la ayuda de una barrena Veihmeyer, se extrajeron muestras de suelo con raíces, en las cuatro orientaciones del árbol (norte, sur, este y oeste), a tres distancias del tronco (30, 60 y 90 cm) y a tres profundidades (0 a 15, 15 a 30 y 30 a 45 cm), y se obtuvo así un total de 36 muestras por árbol. Cada muestra se secó en una estufa de circulación de aire a 70 °C por 24 h, para después pesarla y luego ponerla en agua para facilitar la separación del suelo; enseguida la muestra se mezcló y dispersó por 10 a 15 segundos, para esto se utilizó una mezcladora eléctrica, para después vaciarla al separador de raíces, donde pasan por una columna con agua y, por diferencia de densidad de partículas, las raíces flotan y emergen por el flujo de agua para ser recibidas en un

tamiz con abertura de 0.149 mm, eliminándose los sedimentos por decantación; una vez separadas las raíces se tiñeron con colorante congo rojo. Posteriormente, las raíces se colocaron en un dispositivo que en su base contiene papel filtro y sobre él un tubo cilíndrico biselado cuyo diámetro interno es de 12.1 cm; el dispositivo a la vez está equipado con una bomba de vacío, la cual, al aplicar succión, permite que las raíces se distribuyan aleatoriamente sobre el papel filtro. El papel filtro con raíces se colocó entre dos placas de plástico transparente, donde la placa superior se encuentra reticulada con cuadros de 1 cm<sup>2</sup>. Al realizar esto, los fragmentos de las raíces interceptan aleatoriamente líneas de la retícula conformada por 20 cuadros marcados, determinando con el apoyo de un microscopio de disección el número de interceptaciones (la retícula está inscrita en un círculo, cuyo diámetro es el mismo que el del cilindro antes indicado).

Después de obtener los datos necesarios se calcularon la longitud de raíces y densidad de raíces utilizando las siguientes ecuaciones:

$$R = 2.258 * N; \quad (1)$$

$$Lv = (R) (Da / m) \quad (2)$$

Donde: R = Longitud radical (cm); 2.258 = Constante en cm; N = Número de interceptaciones; Lv = Densidad de longitud de raíces (cm cm<sup>-3</sup>); Da = Densidad aparente de la muestra del suelo (g cm<sup>-3</sup>) y m = Peso seco de la muestra del suelo (g) (Newman, 1966).

### Análisis de Datos

Para el análisis de la información obtenida se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 1988), se hizo un análisis de varianza para cada una de las variables con el procedimiento GLM y pruebas de Tukey para la comparación de medias de tratamientos. Cabe aclarar que en ninguno de los casos se analizaron interacciones de tercer o cuarto orden dada la complejidad de análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Temperatura del Suelo

En condiciones de riego, de 7 a 8 h de la mañana, a 15 cm de profundidad, la cubierta de estiércol (CE) mostró mayor temperatura comparada con los otros dos manejos del suelo durante todas las fechas de registro; le siguió la cubierta de pasto (CP) con un comportamiento prácticamente similar, sólo que presentó menor oscilación térmica, inclusive, al inicio la temperatura registrada estuvo por abajo del suelo desnudo (SD); en SD los cambios de la temperatura fueron mayores, pero los promedios estuvieron por debajo de CE y CP (Figura 4A). A 30 cm de profundidad, las temperaturas observadas son mayores pero con el mismo comportamiento y con menor variación que a 15 cm (Figura 4B). De 14 a 15 h, en condiciones de riego, a 15 cm de profundidad, las temperaturas en los tres manejos de suelo fueron mayores que de 7 a 8 h de la mañana; las temperaturas observadas en el tratamiento CE fueron más altas en la mayor parte de las lecturas registradas (Figura 4C). A 30 cm de profundidad la variación para los tres manejos del suelo fue menor que a 15 cm de profundidad, mientras se mantuvieron las temperaturas de CE por arriba de las otras dos condiciones (Figura 4D).

En condiciones de temporal, de 7 a 8 h a 15 cm de profundidad, la temperatura del suelo en CE siempre fue superior y menos variable que CP y SD en todas las fechas de registro, descendiendo las temperaturas con la época de lluvias (Figura 5A). A 30 cm de profundidad la variación de la temperatura es muy parecida a la registrada a 15 cm de profundidad, las temperaturas más variables se registraron en SD con oscilación de hasta 3.1<sup>0</sup>C (Figura 5B). A 15 cm de profundidad, de las 14 a 15 h, en condiciones de temporal, la oscilación en CE y CP fue menor en todos los casos (Figura 5C). A 30 cm de profundidad las temperaturas de CE en todos los casos fueron mayores que en CP y ambas con menor variación que SD (Figura 5D).

Las diferencias observadas, entre aquellas temperaturas a 15 cm y a 30 cm, son debidas a la mayor oscilación térmica que se presenta en los primeros 15 cm de profundidad del suelo, producto de las variaciones que observa el balance de energía calorífica del mismo, resultante de la recepción de luz solar, la emisión de calor y el

intercambio de energía con la atmósfera durante el día y la noche. Esto explica por que las temperaturas pueden ser más altas y menos variables a 30 cm, incrementándose las temperaturas en el suelo con la hora del día y la época del año cuando la recepción de energía solar es mayor. Dicho valor de temperatura puede estar afectado por características del suelo, entre ellas, la humedad del suelo, dada la conservación de energía calorífica que propicia, causando valores de temperatura del suelo más estables y, en general, más altos, lo que explica por que la cubierta de estiércol resulta ser la mejor en ambas profundidades de medición ya que, en promedio, mantiene los niveles de humedad más altos en el suelo, en particular, notorio en condiciones de riego (Figuras 6 y 7).

### Humedad en el Suelo

En condiciones de riego, el porcentaje de humedad del suelo con CE, en la gran mayoría de los muestreos, se encontró por arriba de capacidad de campo (13.1%), con más variación en julio y agosto, con niveles de humedad superiores a los correspondientes en CP y SD; en todos los tratamientos la humedad fue mayor que 10% (Figura 6). Entre el 7 de abril y el 23 de junio, en condiciones de temporal, solamente la CE mantuvo niveles de humedad superiores al punto de marchitamiento durante la estación seca, siendo SD el tratamiento más castigado, con humedad inferior al punto de marchitamiento (6.6%). A partir del 30 de junio, el porcentaje de humedad de las tres condiciones, por efecto de precipitación, superó el nivel de capacidad de campo (Figura 7).

### Longitud de Raíces

El vigor de árboles (Figura 8A), la humedad del suelo (Figura 8B), las cubiertas (Figura 8C) y fertilización foliar (Figura 8D) no afectaron significativamente la longitud de raíces. Sin embargo, la mejor tendencia de crecimiento radical se observó en árboles de vigor alto, con riego y cubierta de pasto, lo cual coincide con los resultados de Coker (1959), quien encontró mayor cantidad de raíces en manzanos cultivados con cubiertas, que en aquéllos cultivados en

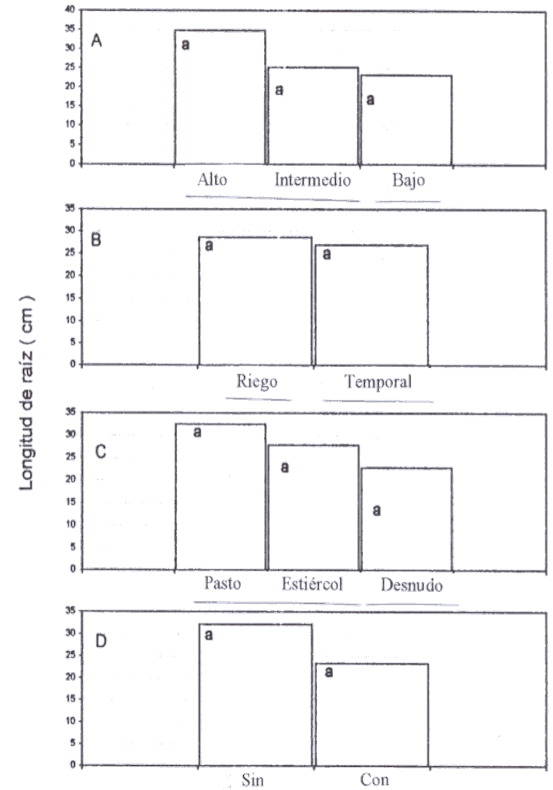
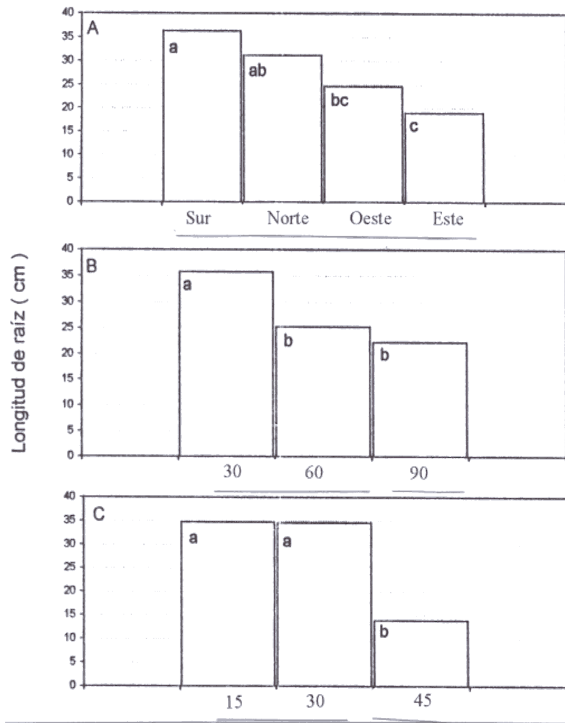


Figura 8. Longitud de raíz afectada por (A) vigor del árbol, (B) humedad del suelo, (C) cubiertas y (D) fertilización foliar al final del experimento en árboles de manzano 'Agua Nueva II', en 1998. (Misma letra dentro de tratamientos son estadísticamente iguales, Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

suelo desnudo. Con respecto a distribución radical, se presentaron diferencias significativas en orientación, siendo las posiciones S y N estadísticamente iguales, pero superiores a las posiciones O y E, respectivamente (Figura 9A), y se confirmó mayor crecimiento de raíces sobre la hilera de árboles (N-S), por donde es conducido el riego, corroborándose el efecto positivo de la disponibilidad de agua, que no sólo se reflejó en el desarrollo radical, sino también en la parte aérea, que observó mayor cantidad y calidad de la producción (Mills *et al.*, 1994), no así entre hileras de árboles (E-O), donde la competencia con la cubierta viva es constante, aunado a condiciones adversas del suelo que se pueden presentar, como son compactación y factores bióticos (Williamson *et al.*, 1992).

El mayor crecimiento de raíces en los primeros 30 cm desde el tronco puede obedecer a una distribución vertical en profundidad de las mismas, por



**Figura 9.** Longitud de raíz afectada por (A) orientación, (B) distancia del tronco (cm) y (C) profundidad (cm) en árboles de manzano 'Agua Nueva II', en 1998. (Misma letra dentro de tratamientos son estadísticamente iguales, Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

competencia con raíces de árboles adyacentes, ese crecimiento fue estadísticamente superior a las distancias de 60 y 90 cm del tronco, respectivamente (Figura 9B). En árboles de manzano 'Melrose' sobre M26, se ha encontrado interacción significativa entre raíces y distancia del tronco, y se presentó el mayor número de raíces por  $m^2$  hasta 60 cm alrededor del tronco, pero más allá de esa distancia el número de raíces disminuye (Ferree, 1994).

Las profundidades en donde se encontró mayor longitud de raíces fue a 15 y 30 cm, respectivamente, siendo estadísticamente iguales entre sí, pero superiores a la profundidad de 45 cm, en la cual se presentó una disminución importante (Figura 9C). Atkinson (1980) encontró que 70% del sistema radical en árboles de manzano se localiza entre los 0 a 30 cm de profundidad, disminuyendo conforme aumenta la profundidad.

La interacción cubierta-orientación fue significativa y se obtuvieron los mayores valores de

**Cuadro 1.** Efecto de la interacción cubierta-orientación en longitud de raíces (cm) en manzano 'Agua Nueva II', Montecillo, Texcoco, Méx. (1998).

Orientación	Cubiertas		
	Estiércol	Pasto	Desnudo
Norte	34.21 abcd <sup>†</sup>	35.23 abc	23.89 bcdef
Sur	35.80 ab	44.11 a	28.86 abcdef
Este	17.37 cf	17.75 cf	21.66 bcdef
Oeste	24.05 bcdef	32.98 abcde	16.83 f

<sup>†</sup> Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey ( $P \leq 0.05$ ; DMS = 15.87).

longitud de raíces en la posición S con CP, seguido por CE en la misma orientación. El valor más bajo se localizó en la posición O con SD (Cuadro 1). También resultó significativa la interacción cubierta-profundidad, donde la mayor longitud se presentó a 15 y 30 cm de profundidad, respectivamente, con CP, en tanto que a 45 cm con CE fue mayor la longitud de raíces (Cuadro 2). Finalmente, la interacción orientación-profundidad fue también significativa, en las posiciones S y N a 30 cm de profundidad se presentó la mayor longitud de raíces y en el O la menor a 45 cm (Cuadro 3). Lo anterior ratifica que, aunque el patrón de crecimiento y distribución de las raíces es una característica inherente a la especie, puede ser alterada por un gran número de factores edáficos, climáticos, bióticos, nutrimentales, hídricos y culturales (Layne *et al.*, 1986).

También la interacción distancia del tronco-profundidad fue significativa; se encontró mayor longitud de raíces a 30 cm de distancia del tronco a las profundidades de 15 y 30 cm, respectivamente. La menor longitud de raíces es localizada a 90 cm de distancia del tronco y 45 cm de profundidad (Cuadro 4).

**Cuadro 2.** Efecto de la interacción cubierta-profundidad en longitud de raíces (cm) en manzano 'Agua Nueva II', Montecillo, Texcoco, Méx. (1998).

Profundidad	Cubiertas		
	Estiércol	Pasto	Desnudo
cm			
15	35.08abc <sup>†</sup>	42.88a	26.29cdef
30	32.28abcd	42.48ab	28.92cde
45	16.22efg	12.20g	13.22fg

<sup>†</sup> Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey ( $P \leq 0.05$ ; DMS = 13.05).

**Cuadro 3. Efecto de la interacción orientación-profundidad en longitud de raíces (cm) en manzano 'Agua Nueva II', Montecillo, Texcoco, Méx. (1998).**

Orientación	Profundidad (cm)		
	15	30	45
Norte	38.10 abcd <sup>†</sup>	43.32 ab	11.92 f
Sur	41.98 abc	49.81 a	16.96 f
Este	22.64 ef	19.08 f	15.06 f
Oeste	36.27 abcde	26.02 cdef	11.57 f

<sup>†</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (P≤0.05; DMS = 15.87).

**Densidad de Raíces**

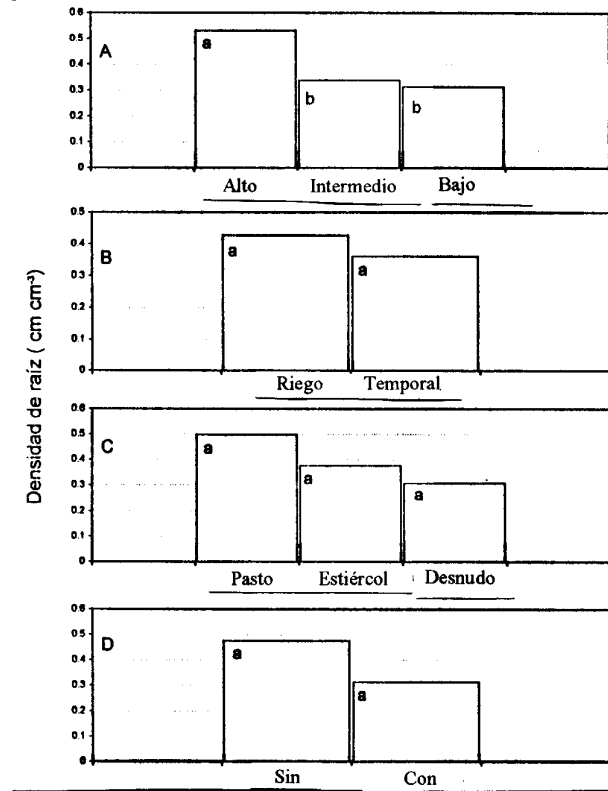
El proceso regulatorio del crecimiento está dado por el balance entre la raíz y los brotes (Aiken y Smucker, 1996), árboles de débil desarrollo están escasamente anclados, en tanto que los más vigorosos presentan equilibrio de la parte aérea con la radical. Así se tiene que la densidad radical de árboles de vigor alto es superior a la observada en árboles de vigor intermedio o bajo (Figura 10A), lo cual coincide con resultados en ciruelo donde se encontró una relación significativa entre la circunferencia del tronco y el promedio de la densidad radical (Grimes *et al.*, 1982). A pesar de que no hubo diferencias entre tratamientos de humedad del suelo (Figura 10B), cubiertas (Figura 10C) y fertilización foliar (Figura 10D), hay mayor densidad de raíces en árboles con riego y cubierta de pasto (Figura 10).

Es importante indicar que no hubo diferencias estadísticas entre el tratamiento de fertilización foliar y el testigo, tanto en longitud como en densidad de raíces; se observó además que el testigo supera al tratamiento con fertilización foliar (Figuras 8 y 10), posiblemente por la fertilización realizada al suelo que, en principio, se establece como suficiente.

**Cuadro 4. Efecto de la interacción distancia del tronco-profundidad en longitud de raíces (cm) en manzano 'Agua Nueva II', Montecillo, Texcoco, Méx. (1998).**

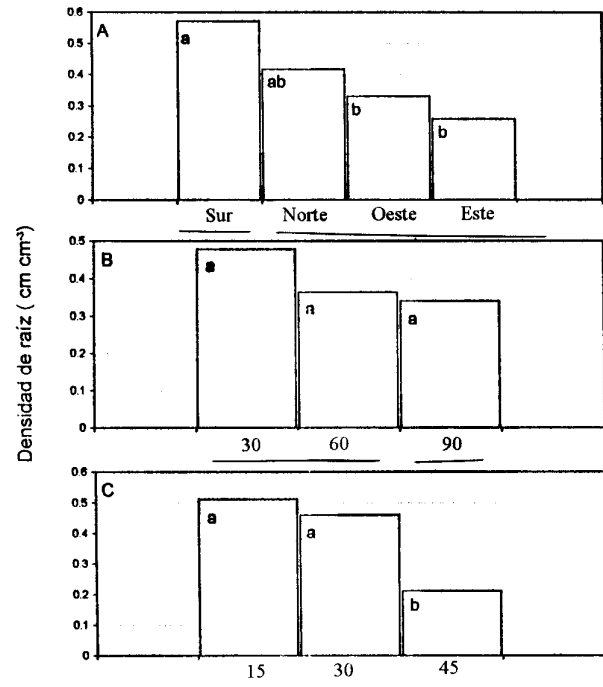
Distancia del tronco	Profundidad (cm)		
	15	30	45
cm			
30	49.09 a <sup>†</sup>	43.40 ab	14.59 f
60	29.92 cd	31.59 bc	14.12 f
90	25.11 cdef	28.69 cde	12.92 f

<sup>†</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (P≤0.05; DMS = 13.05).



**Figura 10. Densidad de raíz afectada por (A) vigor del árbol, (B) humedad del suelo, (C) cubiertas y (D) fertilización foliar al final del experimento en árboles de manzano 'Agua Nueva II', en 1998. (Misma letra dentro de tratamientos son estadísticamente iguales. Tukey, P≤0.05).**

El comportamiento de la densidad de raíces con respecto a la orientación es igual a la observada para longitud de raíces; la mayor densidad de raíces fue en la posición S, estadísticamente igual con la posición N, pero diferente a las posiciones O y E (Figura 11A). Igualmente, la mayor densidad de raíces se localizó a 30 cm del tronco, seguida por 60 y 90 cm (Figura 11B), así también la mayor densidad de raíces se observó a 15 y 30 cm de profundidad, respectivamente, estadísticamente iguales entre sí, pero superiores a la profundidad de 45 cm (Figura 11C), resultados esperados, considerando que se correlacionan positivamente longitud y densidad de raíces. El suelo con cubiertas presenta una gran cantidad de raíces en la parte superior del suelo, lo que se debe, en parte, a que la humedad en los perfiles superiores del suelo se conserva mejor, tal y como se observa en las Figuras 6 y 7; esto coincide con



**Figura 11.** Densidad de raíz afectada por (A) orientación, (B) distancia del tronco (cm) y (C) profundidad (cm) en árboles de manzano 'Agua Nueva II', en 1998. (Misma letra dentro de tratamientos son estadísticamente iguales, Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

resultados de Coker (1959) y Parker y Meyer (1996). De hecho, la interacción cubierta-profundidad, que fue significativa, muestra que la zona donde se presenta la mayor densidad es a 15 y 30 cm de profundidad con CP, seguido por CE en las mismas profundidades (Cuadro 5).

Es importante finalizar indicando que el mayor desarrollo radical se observó a la par de mayor productividad del árbol (Hogue y Neilsen, 1987), siendo a) el vigor del árbol, por la correlación positiva

**Cuadro 5.** Efecto de la interacción cubierta-profundidad en densidad de raíces en manzano 'Agua Nueva II', Montecillo, Texcoco, Méx. (1998).

Profundidad	Cubiertas		
	Estiércol	Pasto	Desnudo
cm			
15	0.45 abc <sup>†</sup>	0.74 a	0.34 bc
30	0.43 abc	0.57 ab	0.38 bc
45	0.25 c	0.19 c	0.20 c

<sup>†</sup> Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales. Tukey  $P \leq 0.05$ ; DMS = 0.32.

que existe entre el desarrollo de la parte radical y el de la parte aérea, y b) el riego y las cubiertas orgánicas por sus efectos benéficos sobre disponibilidad y conservación de agua, factores que influyeron de manera más determinante, cuando se considera que las variaciones de temperatura del suelo causadas por los tratamientos son escasas y no propician diferencias entre tratamientos.

### CONCLUSIONES

- El uso de cubiertas y de riego causan que la temperatura del suelo sea más alta y estable, producto de la modificación que promueve la mayor humedad que se mantiene en tales condiciones; se observa la mayor variación de temperatura a 15 cm de profundidad.
- La humedad del suelo está directamente relacionada con la adición y/o conservación de agua por efecto del riego y/o el uso de cubiertas.
- El vigor del árbol, las cubiertas y el riego favorecen el crecimiento de raíces.
- Las cubiertas orgánicas, en particular la de pasto, y el riego causaron la mayor longitud o densidad radical, misma que se distribuyó en mayor cantidad en las posiciones S y N del árbol, a 30 cm del tronco y en los primeros 30 cm de profundidad.
- La fertilización foliar no afectó el desarrollo radical de los árboles y se estima que la fertilización al suelo es suficiente.

### LITERATURA CITADA

- Aiken, R.M. y A.J.M. Smucker. 1996. Root system regulation of whole plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* 34: 325-346.
- Atkinson, D. 1980. The distribution and effectiveness of the roots of the crops. *Hort. Rev.* 2: 424-490.
- Atkinson, D. 1983. The growth, activity and distribution of the fruit tree root system. *Plant Soil* 71: 23-35.
- Coker, E.G. 1959. Root development of apple trees in grass and clean cultivation. *J. Hort. Sci.* 34: 111-121.
- Ferree, C.D. 1994. Root distribution following 9 years of root-pruning 'Melrose'/M.26 apple trees. *HortScience* 29(2): 76-78.
- Glenn, D.M. y W.V. Welker. 1993. Root development patterns in field grown peach trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(3): 362-365.
- Grimes, D.W., P.L. Wiley y A.B. Carlton. 1982. Plum root growth in a variable-strength field soil. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(6): 990-992.
- Hogue, E.J. y G.H. Neilsen. 1987. Orchard floor vegetation management. *Horticultural Reviews* 9: 377-430.

IBAÑEZ *ET AL.* EFECTO DE CUBIERTAS, RIEGO Y FERTILIZACION EN DESARROLLO RADICAL DE MANZANO

- Layne, R.E.C., C.S. Tan y R.L. Perry. 1986. Characterization of peach roots in fox sand as influenced by sprinkler irrigation and tree density. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(5): 670-677.
- Marschner, E.R. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Belfast, Ireland.
- Miller, D.E. 1986. Root systems in relation to stress tolerance. *HortScience* 24: 963-970.
- Mills, T.M., M.H. Behboudian, P.Y. Tan y B.E. Clothier. 1994. Plant water status and fruit quality in 'Braeburn' apple. *HortScience* 29: 1274-1278.
- Miranda B., J.L. 1994. Requerimientos de frío y calor y estimulación de la brotación del manzano 'Agua Nueva II'. *Agrociencia* 31: 45-49.
- Newman, E.Y. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.* 3: 139-145.
- Parker, M.L. y J.R. Meyer. 1996. Peach tree vegetative and root growth response to orchard floor management. *HortScience* 31(3): 330-333.
- SAS Institute. 1988. Statistical Analysis System/STAT 'User' Guide Release 6.03 Edition. Cary, NC. USA.
- Williamson, J.G. y D.C. Coston. 1989. The relationship among root growth, shoot growth, and fruit growth of peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(2): 180-183.
- Williamson, J.G., D.C. Coston y J.A. Cornell. 1992. Root restriction affects shoot development of peach in a high-density orchard. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(3): 362-367.