

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA DE FRUTICULTURA



TALLER DE LICENCIATURA

EFFECTO DEL MÉTODO DE RIEGO SOBRE EL CRECIMIENTO Y
DISTRIBUCIÓN DE RAICES EN PALTO (*Persea americana* MUÍ.) cv. HASS
EN UN SUELO FRANCO ARCILLOSO.

MARCELO ENRIQUE UGARTE VALENCIA

QUILLOTA CHILE
1996

ÍNDICE DE MATERIAS

INTRODUCCIÓN

2. MATERIAL MÉTODO.

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Análisis riego

3.2. Análisis de la descarga de los emisores

3.3. Análisis de la densidad de raíces absorbentes bajo riego por goteo y microaspersión

3.4. Análisis de la tasa de crecimiento radicular en riego por goteo y microaspersión

4. CONCLUSIONES.

5. RESUMEN.

6. BIBLIOGRAFÍA CITADA.

1. INTRODUCCIÓN

Una alta densidad de raíces permite un mejor uso del agua y de las fuentes minerales (ATKINSON, 1980), característica que depende del total de la superficie radicular en contacto con el suelo y de la eficiencia radicular en relación con la edad (XILOYANNIS et al, 1993). Al respecto, DU PLESSIS (1991) señala que el sistema radicular del palto es ineficiente en la absorción de agua por el alto grado de suberización de las raíces y por la baja frecuencia de pelos radiculares.

La tasa de crecimiento y la masa radicular dependen de la naturaleza química y física del suelo (VENEGAS, 1990; RUSSELL citado por VEPRASKAS y MINER, 1986) y de sus relaciones con las partes aéreas (KLEPPLER, 1991). Las fuerzas del suelo, que se oponen a la penetración de la raíz, pueden reducir su actividad (UNGER y KASPAR, 1994) las que responden a las restricciones físicas modificando su volumen (RAN et al, 1994) y su morfología, en cuanto a diámetro del tejido vascular, grosor de la epidermis y patrón de ramificación. Los reguladores de crecimiento podrían mediar estas respuestas (VENEGAS, 1990).

Debido a la alta resistencia al flujo hidráulico de las raíces del palto (WOLSTENHOLME, 1987), el nivel de actividad de éstas es fundamental especialmente en períodos en que la absorción de agua pudiese ser superada por la demanda atmosférica, esto puede afectar negativamente la productividad (LAHAV y KALMAR, 1983; LOVATT, 1990) y la calidad final de los frutos (BOWER y CULTING, 1986).

La caracterización del sistema radical en cuanto a su distribución y extracción de agua y nutrientes, es de importancia para el manejo del riego y los fertilizantes (VELLEDIS,

La caracterización del sistema radical en cuanto a su distribución y extracción de agua y nutrientes, es de importancia para el manejo del riego y los fertilizantes (VELLIDIS, SMAJSTRLA y ZAZUETA, 1990), ya que mediante éstos es factible controlar el medioambiente radicular (BRAVDO, LEVIN y ASSAF, 1992).

Estudios en paltos, señalan que existe una marcada influencia del método de riego (microaspersión y goteo) sobre el microambiente edáfico, el cual estaría modificando los patrones de distribución y la actividad radicular (VILLABLANCA, 1994; TORO, 1995), a través del volumen de suelo humedecido (OLALLA et al, 1992) y por la cantidad y frecuencia de aplicación del agua (LAHAV y KALMAR, 1983; MEYER et al, 1992; LEVINSON y ADATO, 1991).

Existen variaciones en cuanto a la disposición de las raíces dependiendo del tipo de suelo (HSIADO, 1990). ABERCROMBIE (1990) establece que en suelos arcillosos el 21% de las raíces se encuentra en los primeros 30 cm de suelo y que sólo cuando existen zonas compactadas el 50% de éstas se encuentran en dicha estrata. En el mismo tipo de suelo, TORO (1995) determinó que bajo riego por goteo, las raíces se desarrollan a mayor profundidad y en mayor cantidad que igual condición en microaspersión, lo cual aumentaría la absorción de agua y nutrientes. MICHELAKIS, VOUGIOUCALOU y CLAPAKI (1993) señalan que con riego por goteo, los paltos concentran sus raíces en los primeros 50 cm de suelo y dentro de los 2 m a cada lado de la línea de riego.

El sistema radicular de los paltos, establecidos en suelos arenosos, se distribuye mejor horizontal y verticalmente comparado con los cultivados en suelos arcillosos (SALAZAR y CORTEZ, 1986). TORO (1995) indica que en un suelo franco arenoso,

En suelos arcillosos, en los cuales el palto se cultiva frecuentemente, el peligro de saturación es alto, factor que lo predispone al ataque de Phytophthora cinamomi (WHILEY, 1987; ZENTMYER, 1972), dada la alta susceptibilidad a la asfixia radicular de esta especie (DU PLESSIS, 1991). Esta provoca desbalances hídricos en la parte aérea que dan como resultado graves estrés diurnos de agua en la planta (STENE, KAUFMANN y ZENTMYER, 1978).

La saturación del suelo provocada por los sistemas de riego, puede disminuir el flujo de oxígeno hacia las capas más bajas (LAHAV y KALMAR, 1983) y aumentar los contenidos de CO₂ e iones fitotóxicos (UNGER y KASPAR, 1994), lo cual reduce significativamente la absorción de agua y nutrientes.

SLOWIK et al (1979), trabajando con plantas jóvenes de palto en contenedores, determinó que la mayor actividad radicular se produce con 21% de oxígeno y que con valores menores, se reduce el peso seco de la raíz, disminuye el número total de nutrientes en la planta y aumenta la traslocación de iones fitotóxicos, como sodio y cloro, hacia la parte aérea, similares resultados obtuvo LABANAUSKAS et al (1968). Al respecto VALORAS et al (1964), indica que el crecimiento radicular del palto es nulo cuando la tasa de difusión de oxígeno es menor a 20 ug cm²/ min. Por su parte, VENEGAS (1990) señala que los requerimientos de oxígeno son mayores cuando aumenta la temperatura del suelo.

Establecer una posible asociación diferenciada entre la tasa de crecimiento y la arquitectura radicular, con el sistema de riego utilizado permitiría: (a) establecer el método de riego más adecuado para un suelo franco arcilloso, (b) precisar la ubicación de las estaciones de monitoreo de humedad en el suelo y (c) ajustar los criterios en cuanto a frecuencias de riego.

Luego, el objetivo general del presente trabajo es determinar el efecto del método de riego (microaspersión y goteo) en la distribución espacial de las raíces del palto en un suelo franco arcilloso.

2. MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó en la Estación Experimental "La Palma" (huerto A) y el rundo "La Palma" (huerto B), perteneciente a la Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, V Región, Chile. El suelo es sedimentario de origen coluvial (MARTÍNEZ, 1981), presenta una a dos estratas franco arcillosas y una tercera franco arenosa con piedras medias a grandes (diámetro 15-30 cm) (TORO, 1995) (Anexo 1). El clima es mediterráneo (NOVOA et al., 1989).

Los registros de riego acumulados para ambos huertos entre enero y diciembre de 1995, junto con los coeficientes de cultivo, se presentan en el Cuadro 1. Los datos de pluviometría y de evaporación de bandeja clase A (USWB) se obtuvieron en el mismo período de la estación meteorológica "La Palma" (Cuadro 2).

El volumen de agua por aplicar en el huerto A en cada riego ,se determina sobre la base de bandeja evaporimetrica clase A, considerando el coeficiente de cultivo (Kc) para los distintos meses. La frecuencia de riego para este mismo huerto se define por una batería de tensiómetros ubicados a 30 y 60 cm de profundidad. El riego se efectúa cuando el tensiómetro de 30 cm marca 25 cb. Del mismo modo, en el huerto B la frecuencia y el tiempo de riego se determinan mediante estos instrumentos, y la tensión matricial se mantiene no mayor a los 8 cb.

El huerto A es regado por microaspersión, en la cual cada árbol tiene dos emisores, con un gasto aforado de 40 l/h y con una precipitación promedio de 3.1 mm/h, ubicados sobre la hilera de plantación a 3,5 m desde el tronco. En el huerto B, cada árbol se riega con 12 goteros, separados entre sí a un metro, en dos líneas

CUADRO 1. Registros de riego de los huertos en estudio,
"La Palma", Quillota

| Meses | Microaspersión (mm/mes) | Goteo (mm/mes) | Coefficiente de cultivo (Kc) |
|------------|----------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Enero | 81.9 | 83.8 | 0.55 |
| Febrero | 132.7 | 67.5 | 0.50 |
| Marzo | 126.0 | 68.0 | 0.45 |
| Abril | 61.2 | 60.0 | 0.40 |
| Mayo | 71.3 | 62.7 | 0.40 |
| Junio | 0.0 | 19.3 | 0.35 |
| Julio | 0.0 | 19.3 | 0.35 |
| Agosto | 2.5 | 27.3 | 0.40 |
| Septiembre | 35.3 | 51.4 | 0.45 |
| Octubre | 59.8 | 62.1 | 0.45 |
| Noviembre | 100.8 | 38.8 | 0.50 |
| Diciembre | 82.8 | 45.5 | 0.50 |
| Total | 754.3 | 605.8 | |

CUADRO 2. Registros de pluviometría y evaporación de
bandeja estación meteorológica "La Palma",
Quillota.

| Meses | Pluviometría (mm/mes) | Evaporación de bandeja Eb (mm/mes) |
|------------|--------------------------|--|
| Enero | 0.0 | 204.1 |
| Febrero | 0.0 | 137.6 |
| Marzo | 0.0 | 127.6 |
| Abril | 11 | 85.1 |
| Mayo | 1.5 | 39.8 |
| Junio | 61.5 | 21.6 |
| Julio | 79.5 | 23.0 |
| Agosto | 46.5 | 45.7 |
| Septiembre | 6.5 | 62.8 |
| Octubre | 0.0 | 133.7 |
| Noviembre | 1.0 | 153.8 |
| Diciembre | 0.0 | 158.3 |
| Total | 207.5 | 1193.1 |

de riego en dirección norte-sur ubicadas a 1,9 m del tronco, con igual cantidad de emisores; el gasto aforado de cada uno de ellos es 3,6 l/h.

En cada huerto, se seleccionaron 8 árboles homogéneos en cuanto a vigor, sanidad y carga frutal (media a alta). El marco de plantación es de 10 x 10 m, con un árbol en quince en el huerto A y 9 x 9 m en el huerto B. En cada árbol se confeccionó una zanja perpendicular al tronco (MORANO y KLIEWER, 1994; GODEFROY, 1995), de 60 cm de ancho, 75 cm de profundidad y 330 cm de longitud, en distintas orientaciones (norte, sur, este, oeste, noreste, sureste, noroeste y suroeste) (Figura 1). La excavación se realizó a un metro del tronco con el fin de no dañar las raíces estructurales. En cada una de las zanjas, se midió la densidad de raíces absorbentes (DRA) en tres épocas: en abril, durante el primer período de máximo crecimiento radicular; en agosto, con el fin de evaluar el efecto de las lluvias y en diciembre, época en que ocurre el segundo desarrollo máximo de raíces (HERNÁNDEZ, 1991; TAPIA, 1993).

En cada una de las mediciones, se contó el número de raíces menores a 2 mm de diámetro, blancas, no suberizadas, activas en la absorción de agua y nutrientes (CHANDLER, 1962; SANDOVAL y BORYS, 1984; VILLABLANCA, 1994; TORO, 1995), en la pared de la zanja cercana al emisor mediante una cuadrícula transparente de 480 cm², en la cual se eligieron aleatoriamente 30 cuadrados de 4 cm² cada uno. Posteriormente, se obtuvo el promedio de las 8 zanjas por sistema de riego, con el cual se construyeron diagramas de isodensidades (raíces/cm²).

Se midió la precipitación en riego por goteo y microaspersión. Para microaspersión se dispusieron radialmente recipientes espaciados entre sí a 50 cm y durante una hora se

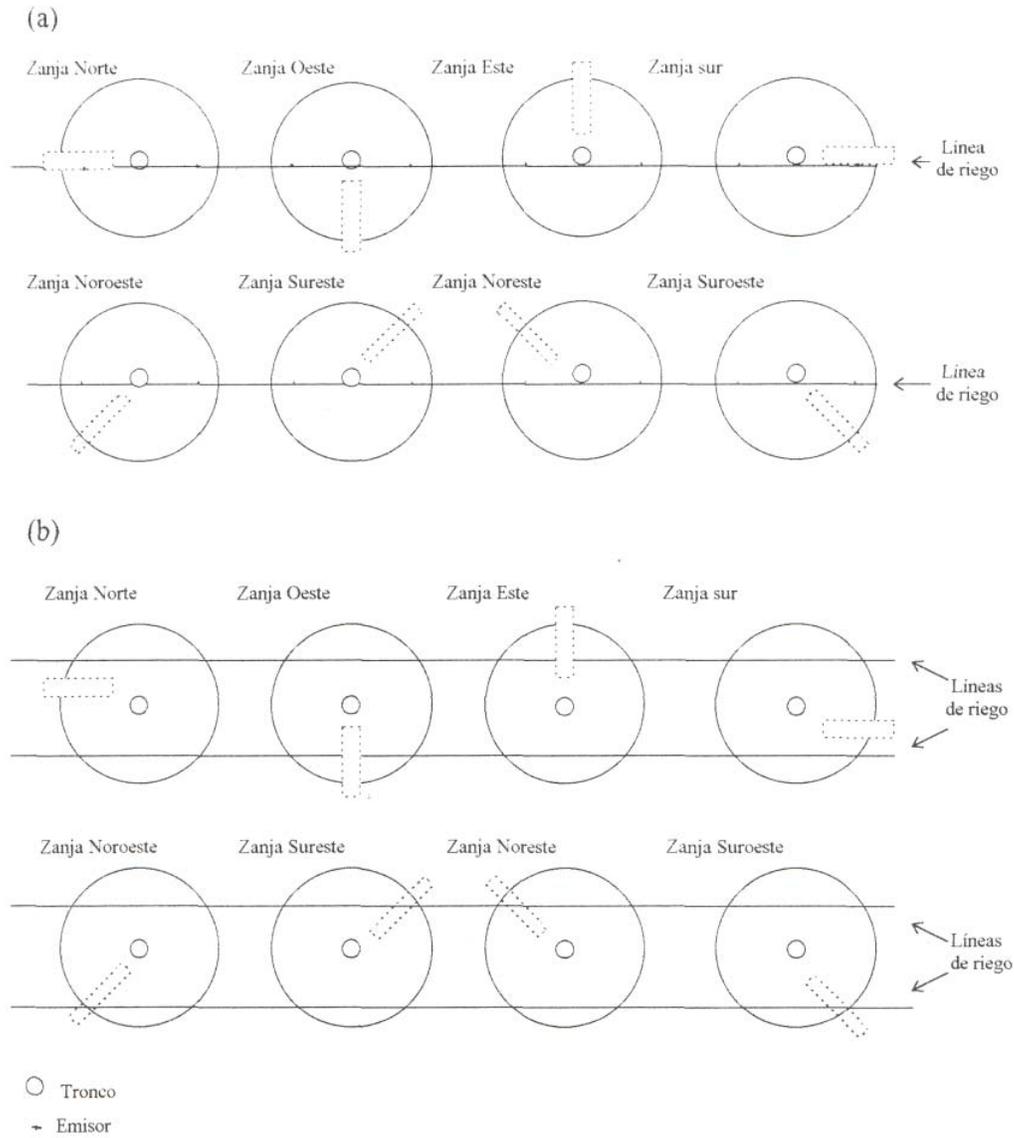


Figura 1. Diagrama de las zanjas según su orientación y su posición con respecto a la línea de riego, (a) Bajo riego por microaspersión (huerto A), (b) Bajo riego por goteo (huerto B).

recogió el agua precipitada. Para el riego por goteo se midió durante un minuto el agua entregada por los emisores. La precipitación se relacionó con la DRA en los distintos puntos de medición.

La tasa de crecimiento radicular (TCR) se registró mediante una estación de medición de raíces "rizotrón" (1 x 1,5 x 1 m), ubicado a 2 m desde el tronco, instalada en junio de 1995. La cara próxima al tronco se cubrió con un vidrio de 6 mm de espesor y de 1 m² de superficie, en el cual se registró el crecimiento radicular en cuatro estratas (E1:0-25cm, E2:25-50cm, E3:50-75cm y E4:75-100) en cm/día cada 15 días desde la visualización de las raíces en el vidrio. A diferencia de las zanjas de observación, se consideró una cuarta estrata en profundidad (E4) con el fin de evaluar si existen crecimientos a este nivel. La estación de medición se cubrió con polietileno negro para impedir el paso de la luz.

3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Análisis del riego

En el sistema de riego por microaspersión, se aplicaron 754.3 mm y en goteo 605.8 mm (Cuadro 1). En noviembre y diciembre, el aporte de agua en riego por goteo fue un 38.5% y un 54.9%, del agua entregada bajo riego por microaspersión respectivamente. Bajo estas condiciones se obtuvo en riego por goteo un 36% más raíces que en microaspersión.

En riego por goteo, TORO (1995) aplicó láminas mayores que el presente estudio en los meses de noviembre y diciembre. Esto no afectó significativamente el desarrollo de raíces en este riego, ya que en dicho trabajo se obtuvo, en total, sólo un 11% más de raíces que TORO (1995), en la última fecha de medición.

Lo anterior sugiere que el factor más determinante en la diferencia en cuanto a cantidad de raíces en ambos sistemas de riego, no es el volumen de agua aportada, sino más bien, de acuerdo a lo encontrado por VILLABLANCA (1994), la distribución de ésta en el perfil.

3.2. Análisis de la descarga de los emisores

RAN et al (1994) señalan que es factible modificar el volumen de raíz, ajustando la frecuencia de riego y la geometría del emisor. Como se analizará posteriormente, el tipo de emisor tiene un efecto determinante en la distribución radicular, situación que también fue verificada por VILLABLANCA (1994) y TORO(1995).

La precipitación obtenida en el riego por microaspersión varió en función de la distancia, situación normal en este tipo de emisores (Figura 2a). La mayor precipitación se obtuvo bajo el emisor y alcanza los 3.1 mm/h, mientras que la menor se localiza a los 200 cm y es equivalente a 0.83 mm/h (Anexo 2).

Un 65% del total de las precipitaciones recolectadas, son superiores al promedio nominal, el cual es 1.65 mm/h (Figura 2a); esto se podría traducir en una saturación parcial del suelo (VILLABLANCA, 1994), lo cual impediría el crecimiento radicular, principalmente, en la primera estrata más arcillosa. Esta situación se verificó especialmente en las zanjas paralelas a la línea de riego, en las cuales las zonas próximas al emisor estaban altamente saturadas y no existía crecimiento de raíces (Figura 2b), situación que coincide con lo observado por VILLABLANCA(1994) y TORO(1995). Esto último discrepa con lo planteado por MUÑOZ (1988), quien afirma que el número de raíces decrece en forma paralela a la descarga del microaspersor y que existe una alta cantidad de raíces donde la cantidad de agua es mayor.

En el huerto B, los goteros tienen una descarga aforada de 3.6 l/h. En este tipo de riego, al igual que en microaspersión, la presencia de raíces en las zonas próximas al emisor es baja, situación que concuerda con lo observado por ZENTMYER (1972); sin embargo, los diagramas (Figura 3b) podrían inducir a pensar que las raíces se concentran cerca de la zona de máxima saturación, lo cual se debe a que los valores de DRA corresponden al promedio de ocho zanjas de observación en distintas orientaciones. Esta situación se clarifica si se considera que en las zanjas con orientación noreste (Z-NE), sureste (Z-SE), noroeste (Z-NO), suroeste (Z-SE), en donde los emisores se ubican aproximadamente, a los 2.5 m desde el tronco. En este punto, el número de raíces es menor tanto en las zanjas señaladas como en el

promedio de todas las zanjas (Z-N, Z-S, Z-E, Z-O, Z-NE, Z-SE, Z-NO y Z-SO) (Figura 3b). Para las orientaciones anteriormente señaladas, la zona de máxima concentración de raíces (ZMCR), se encuentra en la estrata media entre los 130 y 150 cm desde el tronco.

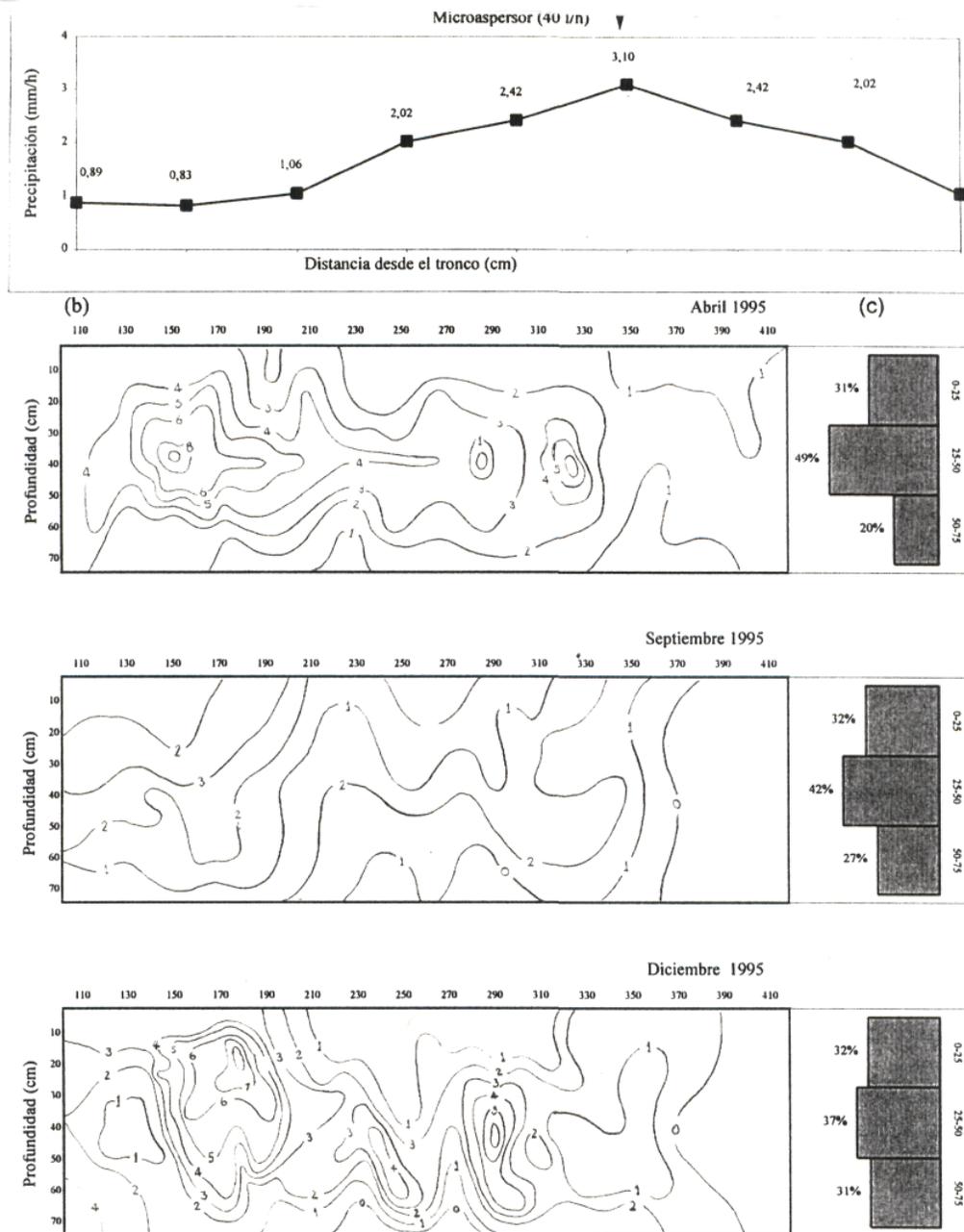


Figura 2. Densidad de raíces absorbentes del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass bajo riego por microaspersión. (a) Precipitación promedio del emisor, (b) Diagramas de isodensidades de raíces, (c) Distribución porcentual por estratas (E1: 0-25; E2: 25-50; E3: 50-75).

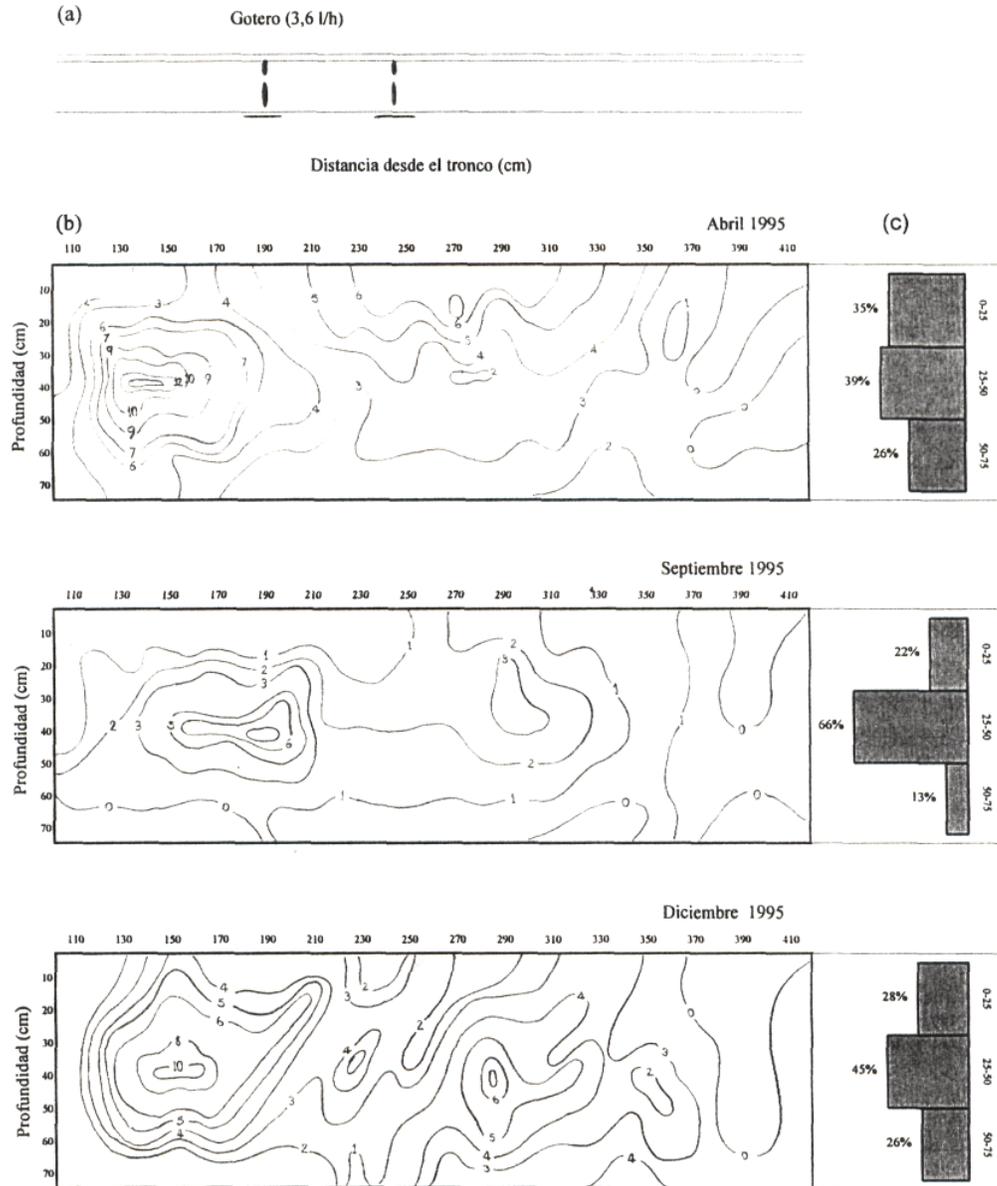


Figura 3. Densidad de raíces absorbentes del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass bajo riego por goteo, (a) Precipitación promedio del emisor, (b) Diagramas de isodensidades de raíces, (c) Distribución porcentual por estratas (E1: 0-25; E2: 25-50; E3: 50-75).

3.3. Análisis de la densidad de raíces absorbentes (DRA) bajo riego por goteo y microaspersión

La época de medición es el factor más importante que afecta la densidad de raíces absorbentes (DRA). En segundo lugar influye el método de riego.

La mayor densidad total de raíces absorbentes (DTRA) se obtuvo por goteo en el mes de abril y una importante diferencia entre ambos sistemas de riego se produjo en diciembre, en que el goteo supera en un 36% la DTRA de microaspersión.

La DTRA del mes de abril bajo riego por microaspersión, es un 22% superior al mes de diciembre, comparado con goteo en que esta diferencia sólo es de un 12%. En términos absolutos, en ambas épocas, se superan los valores obtenidos en septiembre, esto se debe a que estas mediciones concuerdan con los puntos de máximo crecimiento radicular, según la curva de crecimiento obtenida para Quillota por HERNÁNDEZ (1991) y TAPIA (1993).

De abril a septiembre, la DTRA disminuye en un 63 y un 52% bajo riego por goteo y microaspersión, respectivamente; sin embargo, en esta última medición, el riego por goteo supera en un 6% el número de raíces de microaspersión.

En cuanto a la variación de la DTRA, en el perfil, durante las distintas épocas de medición, para ambos sistemas se presenta más alta en la estrata media y profunda (50-75 cm). Esto es más significativo en riego por goteo, en el cual se encontró un mayor número de raíces en la estrata profunda, concordando en este punto con VILLABLANCA (1994) y TORO (1995). Una mayor exploración en profundidad del suelo por un mayor número de raíces, permite un mejor uso del agua y nutrientes.

En cuanto al número de raíces en riego por goteo, la estrata superior presenta mayores variaciones estacionales comparado con microaspersión (Figura 3b); no obstante, hay que considerar que bajo este sistema de riego a este nivel es posible encontrar en promedio un 25% más de raíces; este valor es más relevante en abril en que la diferencia en relación a microaspersión es un 37% superior.

Ambas situaciones se pueden deber a una saturación parcial producida por los sistemas de riego (VILLABLANCA, 1994) en la estrata superficial arcillosa, debido a su baja permeabilidad. En estas condiciones, baja la difusión de O₂ a estratas inferiores (LAHAV y KALMAR, 1992), se incrementa la concentración de CO₂ (KRAMER, 1989) y de productos fitotóxicos (VENEGAS, 1990). Como consecuencia de esto, y principalmente por el aumento de CO₂, se produce una inhibición de la absorción de agua y nutrientes, además de una disminución en la permeabilidad de la raíz (BOTELLA y CAMPOS, 1993). En situaciones extremas, ocurre una muerte parcial del sistema radicular o sufre retraso la emisión de raíces blancas (SILVA y RODRÍGUEZ, 1995).

Considerando la DTRA en el perfil, se obtuvo en promedio 28% más de raíces en goteo, situación similar a la encontrada por TORO (1995), quien, en el mismo suelo del presente estudio, determinó que existía un 30% más raíces que en microaspersión.

Existe un menor efecto de la orientación que de la época de medición y el método de riego utilizado sobre la DTRA en el perfil de las distintas zanjas.

En riego por goteo, las Z-N y Z-S, paralelas a la línea de riego, en cualquier época del año, poseen menor DTRA que las restantes orientaciones. La diferencia mas amplia se obtuvo en diciembre, periodo en el cual la Z-N y la Z-S tienen un 37.1 y un 41.9%,

respectivamente, de la DTRA de la Z-E, valor máximo en ese momento. No existe, en este riego diferencias significativas de los valores de DTRA entre las zanjas diagonales a la línea de riego (Z-NE, Z-NO, Z-SE y Z-SO), ni tampoco entre las zanjas perpendiculares a la línea de riego (Z-E y Z-O). Durante los períodos de máximo crecimiento de raíces (abril y diciembre), la diferencia entre las Z-NE, Z-NO, Z-SE, Z-SO, Z-E y Z-O, no es superior al 23% entre una y otra.

Bajo riego por microaspersión, el efecto de la orientación es más importante que en riego por goteo. Considerando las tres épocas de medición, la Z-NE y Z-SE presentan la mayor DTRA. Las Z-O y Z-E, perpendiculares a la línea de riego, no tienen más de un 16% de diferencia en términos de DTRA en los períodos de mayor crecimiento radicular. Si se comparan los valores de DTRA entre las zanjas diagonales y perpendiculares a la línea de riego, la diferencia entre éstas en la medición de abril es en promedio un 27% superior en las zanjas diagonales, con todo, esta diferencia en diciembre disminuye a sólo un 6.5%.

Al igual que bajo riego por goteo, las zanjas paralelas a la línea de riego (Z-N y Z-S), presentan la menor DTRA. En diciembre, tienen en promedio un 25.4% del valor máximo en ese momento (Z-SE) y, en abril, sólo tienen un 29% de la Z-SE, valor más alto en esta época de medición.

En todas las condiciones se encontró más de un 65% de las raíces en la estrata media y profunda y la zona de máxima densidad radicular (ZMDR), se encuentra entre las 130 y 150 cm del tronco (Figura 2b y 3b); sin embargo, si se considera las tres estratas, la ZMDR se desplaza a los 170 cm. Cabe destacar que el 50% de las raíces totales se encuentran antes de los 210 cm desde el tronco.

Existe una variación estacional de la ZMDR. Bajo riego por goteo en primavera, la ZMDR se desplaza a los 190 cm desde el tronco (Figura 3b); en cambio, en microaspersión, se mantiene más estable en las distintas épocas de medición (Figura 2b). Esto se puede deber al efecto de las lluvias invernales, las cuales permiten que las raíces se desplacen a zonas donde no existía influencia del emisor (HOLZAPFEL, 1977); esta situación no se presenta en microaspersión, debido a que el aporte hídrico durante la temporada de riego se distribuye en una superficie mayor.

El desplazamiento "ondulante" de las raíces finas en el suelo (formación, regeneración y muerte), puede ser consecuencia de un mecanismo adaptativo del palto al constante cambio de las condiciones del suelo (FLORES, VITE y BORYS, 1988; BORYS, BARRERA y LUNA, 1985).

3.4. Análisis de la tasa de crecimiento radicular (TCR) en riego por goteo y microaspersión

En ambos sistemas de riego, el crecimiento radicular en el rizotrónc comenzó entre el 15 y el 30 de octubre de 1995. En el huerto A, éste se inició primero en la E1 y E2, dos semanas después en la E3 y 30 días más tarde en la E4 (Figura 4a). Por otra parte, en el huerto B, las primeras raíces aparecieron en la E1 y E3, después del 30 de noviembre se registraron crecimientos en la E2 y E4 (Figura 4b). Es factible que el aumento de la temperatura en el suelo sea la responsable de la activación radicular (PALMA, 1991). Al respecto, WHILEY et al (1987) señalan que con temperaturas inferiores a los 13°C, no existe crecimiento y que la mejor actividad radicular se obtiene con temperaturas de suelo del orden de los 18°C.

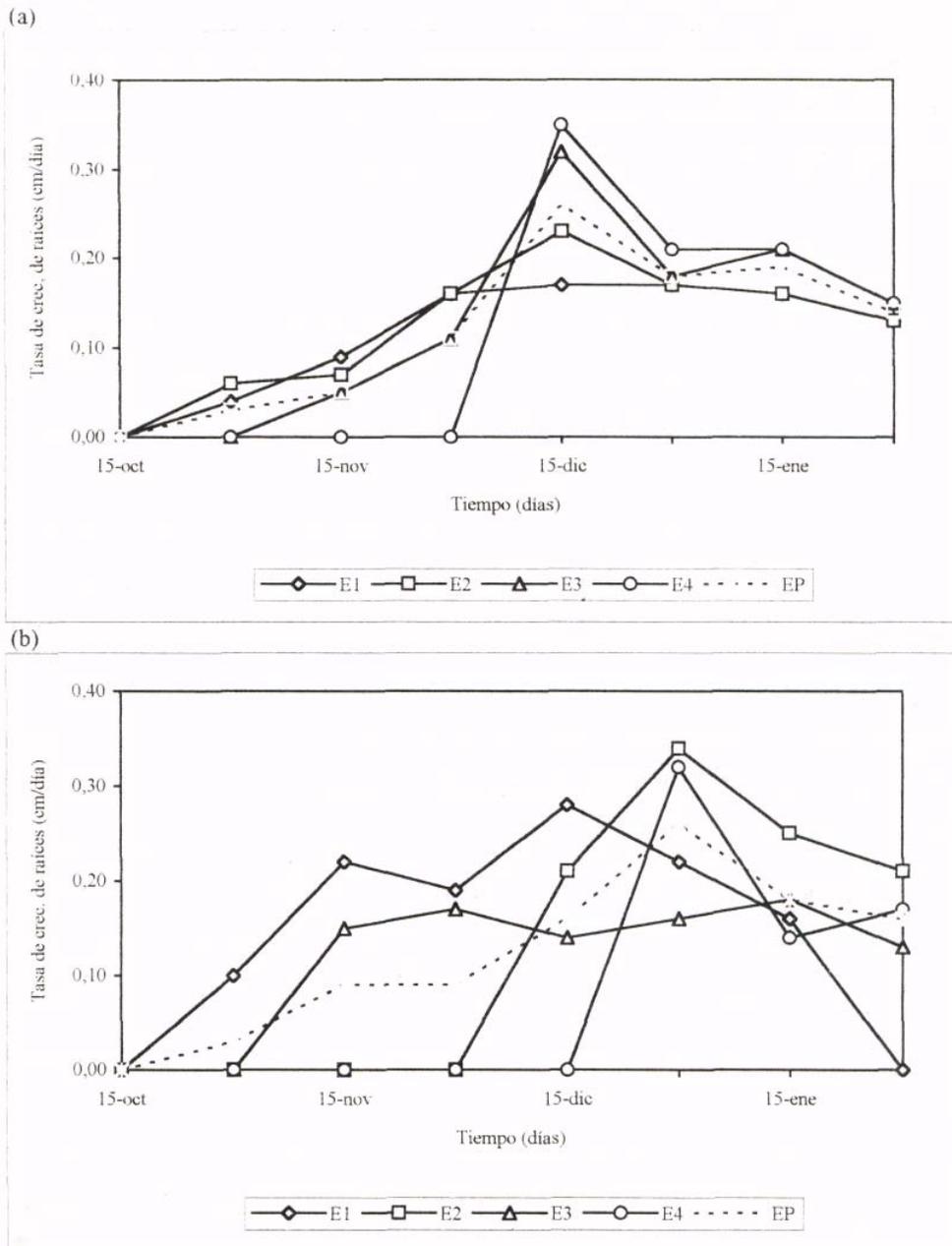


Figura 4. Tasa de crecimiento radicular del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass por estratas (E1: 0-25; E2: 25-50; E3: 50-75; E4: 75-100; EP: crecimiento promedio), (a) Bajo riego por microaspersión. (b) Bajo riego por goteo.

Aunque en riego por goteo, el crecimiento de raíces en la E2 y E4 fue más tardío, una vez iniciados la TCR, fue alto y alcanzó un máximo superior al de las otras dos estratas. Similar situación se experimentó en las estratas E3 y E4 en riego por microaspersión.

Es factible que el crecimiento en profundidad (E2, E3 y E4), y especialmente en la E3, y E4 en ambos riegos, se retrase, debido a que las temperaturas óptimas para el crecimiento en profundidad se alcanzarían más tarde, en la temporada

En cuanto a la dinámica de crecimiento por estratas, en el huerto A en un primer momento la E1 y E2 tienen una TCR mayor que la tasa de crecimiento radical promedio en el perfil (TCRP); no obstante, desde el 30 de noviembre la TCR de la E2, E3 y E4 son superiores a la de la E1 (Figura 4a). En el huerto B, la E1 supera en crecimiento a las restantes estratas en las primeras ocho semanas, posteriormente, es superada siempre por la E2 y esporádicamente por la E3 y E4 (Figura 4b). Es factible que en el huerto A, el aumento de los volúmenes de riego en los meses de noviembre y diciembre (Cuadro 1), sea el responsable de la disminución temprana de la tasa de crecimiento en la primera estrata arcillosa, ya que se provocaría saturación más permanente que iría en desmedro del crecimiento radicular y aumentaría la susceptibilidad a enfermedades fungosas (DU PLESSIS, 1991).

Si se comparan los valores de la TCR por estrata entre ambos sistemas de riego, en la E1 los crecimientos registrados son siempre mayores en riego por goteo que en microaspersión, excepto en la última medición en que éste sobrepasa levemente a goteo (Figura 5a). Esto concuerda con los resultados obtenidos en las zanjas de observación, en las cuales bajo riego por goteo, se encontró siempre un mayor número

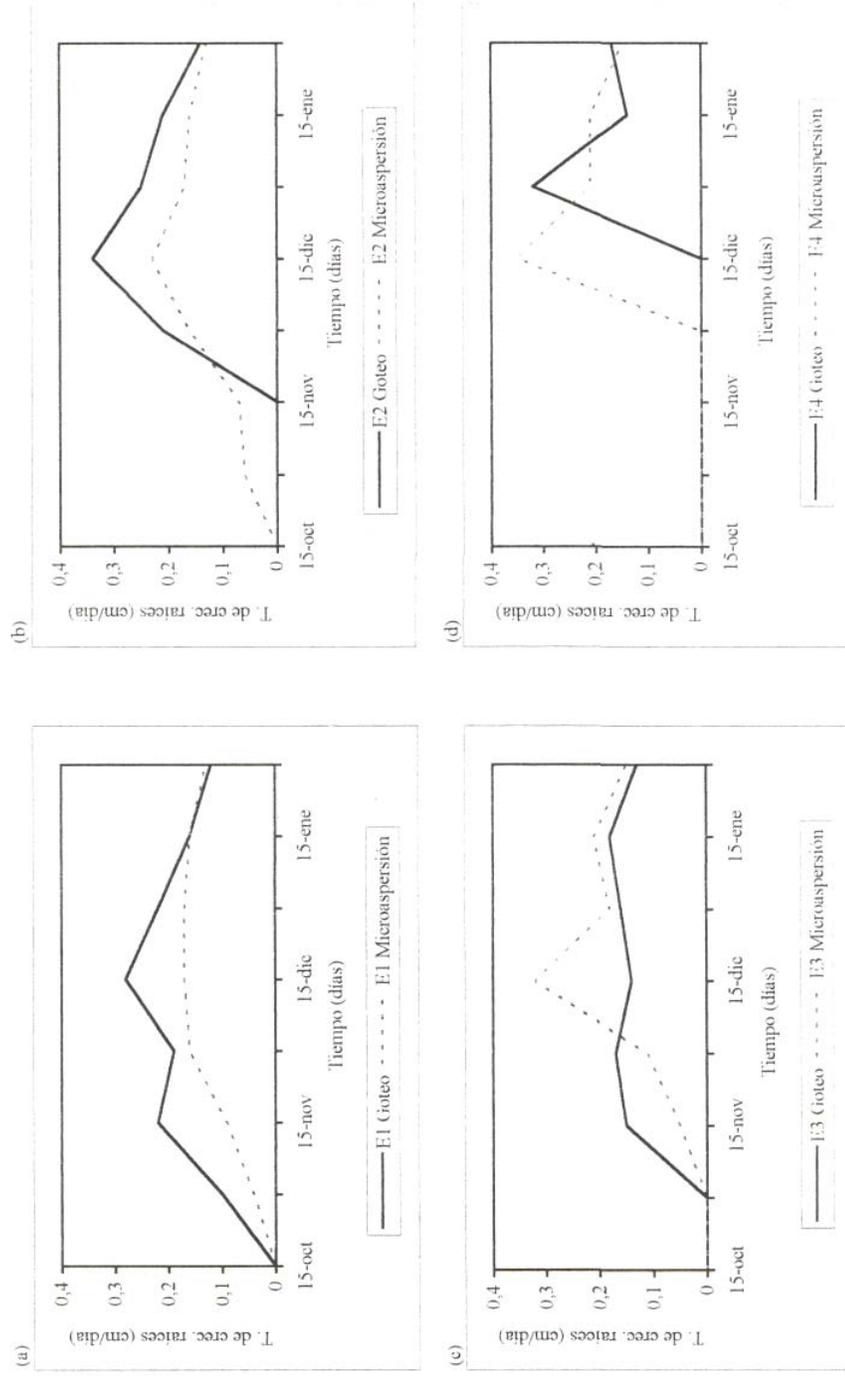


Figura 5. Tasa de crecimiento radicular del palto (Persea americana Mill.) cv. Hass por estratas, bajo riego por goteo y microaspersión. (a) Estrata 0-25(E1). (b) Estrata 25-50(E2). (c) Estrata 50-75(E3). (d) Estrata 75-100(E4).

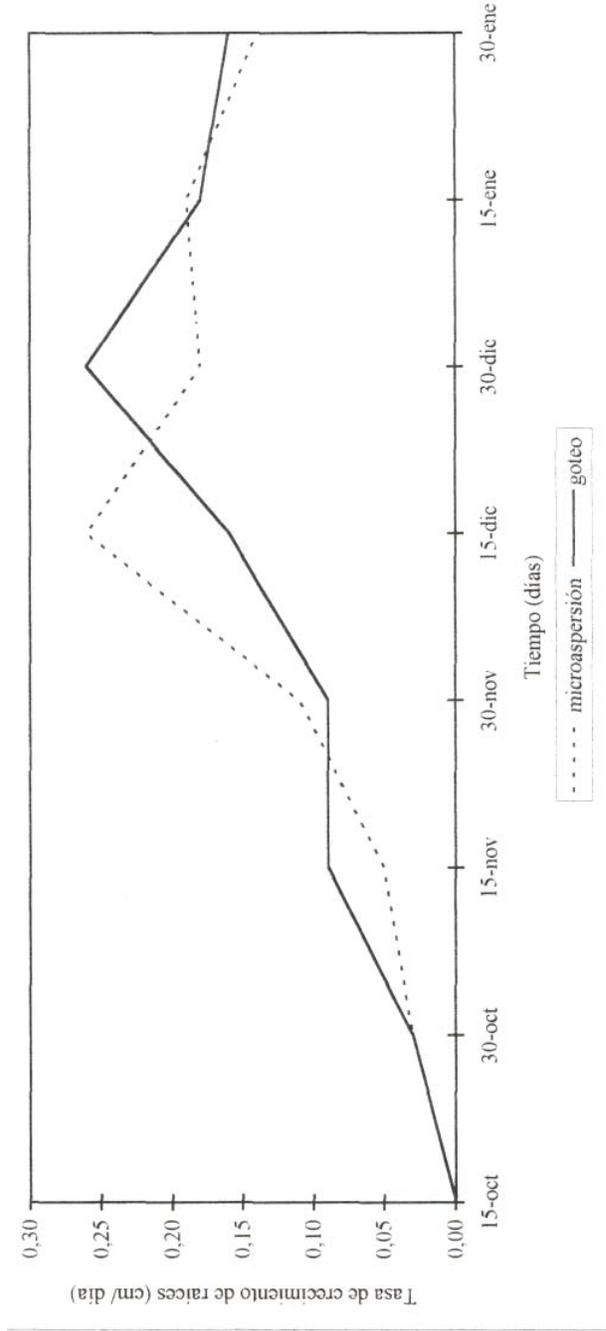


Figura 6. Tasa de crecimiento promedio de raíces del palto (Persea americana Mill.) cv. Hass en profundidad (0-100 cm), bajo riego por goteo y microaspersión.

de raíces en la estrata superficial comparado con microaspersión. En las cuatro primeras mediciones, la TCR de la E2 y E4 es superior en microaspersión, luego esto se revierte en favor del riego por goteo (Figura 5b y 5d). En la E3, la TCR es mayor, en un primer momento, bajo riego por goteo; después del 15 de diciembre es siempre superior en microaspersión (Figura 5c).

En ambos riegos, desde fines de diciembre, se advierte un cambio de color en las raíces más gruesas (aproximadamente de 6mm de diámetro), las cuales se tornan café claro y en algunas zonas presentan inicios de deterioro (necrosis). Paralelamente, comienza una muerte progresiva de raíces finas, situación que se hace más evidente en riego por microaspersión y de mayor magnitud en la estrata superficial.

La TCRP experimenta un crecimiento paulatino durante el mes de noviembre y alcanza su máximo el 15 de diciembre para microaspersión, y 15 días más tarde, para goteo (Figura 6). En ambos riegos, el valor máximo promedio es de 0.26 cm/día; a partir de este punto los crecimientos disminuyen. Cabe destacar que, si bien es cierto la TCR fue siempre menor a la encontrada por HERNÁNDEZ (1991), PALMA (1991) y TAPIA (1993), los crecimientos fueron más tempranos y se distribuyeron en un intervalo más amplio.

En relación a la periodicidad de los crecimientos, WHILEY et al (1988) y HERNÁNDEZ (1991), señalan que el palto presenta dos "flushes" de crecimiento radicular de similar magnitud. En el presente estudio, debido que sólo se evaluó hasta el 30 de enero, se detectó el primero de ellos. Como se señaló anteriormente, la temperatura del suelo podría ser el factor determinante en la activación radicular; sin embargo, la declinación de los crecimientos avanzada la temporada, dependería más bien de la competencia que generan el desarrollo de los frutos y el crecimiento

vegetativo por los asimilados (SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985; WHILEY et al ,1988; WOLSTENHOLME Y WHILEY, 1989; WOLSTENHOLME y WHILEY, 1990). Sin embargo, el método de riego utilizado es determinante para la dinámica de crecimiento radicular durante la temporada en las distintas estratas.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que existe un efecto del método de riego sobre el crecimiento y la distribución espacial de las raíces del palto.

Bajo riego por goteo y microaspersión, hay un mayor número de raíces entre los 25 a 75 cm de profundidad; esto es más relevante bajo riego por goteo.

La cantidad de raíces absorbentes es menor bajo la línea de riego. En ambos riegos, en los períodos de máximo crecimiento de raíces, no existen diferencias mayores a un 23%, en la cantidad de raíces entre las orientaciones noreste, sureste, noroeste, suroeste, este y oeste. En estas orientaciones, la zona de máxima concentración de raíces se encuentra entre los 25 a 50 cm de profundidad y entre los 130 a 150 cm, desde el tronco.

La tasa de crecimiento sigue la misma tendencia bajo los dos sistemas de riego; sin embargo, bajo riego por goteo, es posible obtener mejores tasas de crecimientos entre los 0 a 25 cm comparado con microaspersión. En ambos sistemas de riego, es posible encontrar desarrollo de raíces bajo los 75 cm de profundidad. .

5. RESUMEN

Un mal manejo del riego puede influir negativamente en el desarrollo radicular y limitar la absorción de agua y nutrientes; por esto, el estudio de los patrones de distribución y de la dinámica de crecimiento de las raíces es fundamental para un correcto manejo del riego y los fertilizantes.

Para estudiar el efecto del método de riego (goteo y microaspersión) sobre la distribución y crecimiento del sistema radical del palto (Persea americana Mill.) cv. Hass, se realizó un estudio en la localidad de Quillota, Chile, en dos huertos de paltos adultos.

En el huerto A cada árbol fue regado por dos microaspersores (gasto 40 l/h) ubicados a 3.5 m del tronco. En el huerto B cada árbol fue regado por 12 goteros (gasto 3.6 l/h) espaciados a 1 m en dos líneas con 6 emisores cada una, separadas a 1.9 m del tronco para las Z-E y Z-O. Para las Z-NE, Z-SE, Z-NO y Z-SO, los emisores se ubican a los 2.4 m desde el tronco.

La densidad de raíces absorbentes (DRA) fue medida en 8 árboles en cada huerto, mediante zanjas de observación, dispuestas en forma radial al tronco. Las fechas de medición fueron: fines de verano, fines de invierno e inicios del verano siguiente. Con los datos obtenidos se construyeron diagramas de isodensidades.

La tasa de crecimiento radicular (TCR) se obtuvo en una estación de raíces ("rizotrón"), en intervalos de 15 días, en cada sistema de riego.

Se determinó que para ambos sistemas de riego la DRA es mayor entre los 25 a 75 cm de profundidad, lo cual resulta más importante bajo riego por goteo. En este mismo tipo de riego, es posible obtener una mejor TCR en la estrata superficial (0 a 25 cm) comparado con los crecimientos obtenidos bajo microaspersión. En ambos riegos, la ZMCR se sitúa entre los 25 a 50 cm de profundidad y entre los 130 y 150 cm, desde el tronco en las orientaciones noroeste, suroeste, noreste, sureste, este y oeste.

6 BIBLIOGRAFIACITADA

- ATKINSON, D 1980. The distribution and effectiveness of the roots of the crops. Hort. Rev. 2: 424-490.
- ABERCROMBIE, R.A. 1990. Soil requirements for avocado cultivation. Farming in South Africa. 2p (Avocado B.2).
- BORYS, M.W.; BARRERA, J.L. y LUNA, J. 1985. Some root characteristics of avocado (*Persea americana* Mill) seedling of the West Indian and Guatemalan races. California Avocado Society Yearbook 69: 111-122.
- BOTELLA, O. y CAMPOS, Y. 1993. El agua en la planta. En: Agronomía del riego. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 732 p.
- BOWER, J.P.; CULTING, J.G. and VAN LELYVELD, L.J. 1986. Long term irrigation influencing avocado abscisic acid content and fruit quality. South Africa Avocado Growers' Association Yearbook. 9:43-45.
- BRAVDO, B.; LEVIN, I. and ASSAF, R. 1992. Control of root size and environment of fruit trees for optimal fruit production. Journal of Plant Nutrition. 15 (6 & 7): 699-712.
- CHANDLER, W. H. 1962. Frutales de hoja perenne. Mexico. Flispanoamericana. 675 p.
- DU PLESSIS, S.F. 1991. Factors important for optimal scheduling of avocados orchards. South African Avocado Growers' Association Yearbook 14: 91 - 93.

- FLORES, D, VITE, L and BORYS, M.W. 1988 Laterals distribution on the principal root in avocado seedlings (Persea americana Mill) California Avocado Soc. Yrb. 72:237-242.
- GODEFROY, J. 1995. The root system of avocado trees under various soil and climatic conditions. Plantation Recherche, Developpement. 2(1): 41-46.(original no consultado)
- FERNANDEZ, F. de P. 1991. Aproximacion al ciclo fenologico del palto (Persea americana Mill), cv. Hass para la zona de Quillota. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 99 p.
- HOLZAPHEL, E.A. 1977. Drip irrigation in young almond trees. Thesis M. Sc. UCLA Davis. California. 83 p.
- HSIADO, T. 1990. Fisiologia general. En: Curso internacional manejo de agua en frutales. Chilian , 3 - 6 de enero. Depto. Ingenieria Agricola, Facultad de Cs. Agronomicas, Veterinarias y Forestales, Universidad de Conception.
- KLEPPER, B. 1991. Crop root system response to irrigation. Irrig. Sci. 12: 105 - 108.
- KRAMER, P.J. 1989. Relaciones hidricas de suelos y plantas. Una sintesis moderna.Mexico. Ed.Harla. 538p.
- LABANAUSKAS, C.K.; STOLZY, L.H.; ZENTNYER, G.And SZUSZKIEWICZ, T.E. 1968. Influence of soil oxigen and soil water on the accunulation of nutrients in avocado seedlings (Persea americana Mill). Plant and Soil 23(3): 391 -406.
- LAHAV, E. and KALMAR, D. 1992. Water requierements and the effect of salinity in an avocado orchard on clay soil. Word Avocado Congres II Proceodings. Orange, California, april 21-26, 1991. pp. 323 - 330.

- and ----- . 1983. Determination of the irrigation regimen for an avocado plantation in spring and autumn. *Aust. J. Agric. Res.*(34): 717 - 724.
- LEVINS ON , B. and ADATO, I. 1991. Influence of reduced rates of water and fertilizer application using daily intermittent drip irrigation on the water requirements, root development and responses of avocado trees (cv. Fuerte). *Journal of Horticultural Science* 66(4): 449 - 463.
- LOVATT, C.J. 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. *California avocado Society Yearbook* 64: 193 - 199.
- MARTINEZ, A.R. 1981. Proyecto de implementación de un sistema de riego tecnificado en la Estación Experimental "La Palma", Quillota . Tesis ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 102 p.
- MEYER, J.L.; ARPAIA, M.L.; YALES, M.V.; TAKELE, E.; BENDER, G. and WINTER, G. 1992. Irrigation and fertilization management of avocado, *World Avocado Congress II Proceedings*. Orange, California, April 21 - 26, 1991. pp 281 -288.
- MICHELAKIS, N.; VOUGIOUCALOU, E. and CLAPAKI, G. 1993. Water use, wetted soil volume, root distribution and yield of avocado under drip irrigation. *Agricultural Water Management* 24: 119 - 131.
- MORANO, L. and KLIWER, W.M. 1994. Root distribution of tree grapevine rootstocks grafted to cabernet sauvignon grown on a very gravelly clay loam soil in Oakville, California. *Am. J. Enol. Vitic.* 45(3): 345 - 348.
- MUÑOZ, A.J. 1988. Comparación del sistema radical del aguacate bajo dos sistemas de riego: goteo y microaspersión. Tesis Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola "La Rabida", Palos de la Frontera - Huelva, España. 107p.

- NOVOA, R.; VILLASECA, R.; DEL CANTO, P.; ROANET, J.; SIERRA, C. y DEL POZO, A. 1989. Mapa agroclimatico de Chile. Santiago, INIA. 221 p.
- OLALLA, L.; SALAZAR, A.; MIRA, A.; MARTIN, M; JURADO, F. and LOPEZ, C. 1992. The response of avocado trees in the south of Spain to different irrigation regimes and wetted areas. Word Avocado Congres II Proceedings. Orange, California, april 21 -26, 1991. pp. 317 - 322.
- PALMA, A. R. 1991. Aproximacion al ciclo fenologico del palto (*Persea americana* Mill) cv. Fuerte. Tesis Ing. Agr.Quillota. Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 127p.
- RAN, Y.; HABIB, R.; BAR-YOSEF, B.; and EREZ, A. 1994. Root volume effects on nitrogen uptake and partitioning in peach trees. *Agronomy Journal* 86:530 - 534.
- SALAZAR, S. and CORTEZ, J. 1986. Root distribution of mature avocado trees growing in soil of diferent texture. *California Avocado Society Yearbook* 70: 165 - 174.
- SANDOVAL, H.J. Y BORYS, M.W- 1984. Distribution de raices del aguacatero *Persea americana* Mill en el area de influencia del volcan Panicutin. *Revista Chapingo* 9(45): 61-69.
- SCHOLEFIELD, P.B.; SEDGLEY, M. and ALEXANDER, D.McE. 1985. Carbohydrate cycling in relation to shoot grwth, floral initiation and development and yield in the avocado. *Scientia Horticulturae* 25: 99-110.
- SILVA , H. y RODRIGUEZ, J. 1995. Fertilization de plantaciones frutales. De. Alfabeta impresores. 519 p.

- SLOWIK, K.; LABANAUSKAS, C.K.; STOLZY, L.H. and ZENTMYER, G A 1979. Influence of rootstocks, soil oxygen, soil moisture on the uptake and translocation of nutrients in young avocado plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(2): 172- 175.
- STERNE, R.E.; KAUFMAN, MR. AND ZENTMYER, G A. 1978 Effect of Phytophthora root rot on water relations of avocado: interpretation with a water transport model. Phytopathology 68: 595 - 602.
- TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (Persea americana Mill), cv. Mass, para la zona de Quillota, V region. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. 135 p.
- TORO, M. 1995. Efecto del método de riego en la distribución espacial del sistema radical de paltos (Persea americana Mill) cv. Mass, en dos tipos de suelos. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. 27 p.
- UNGER, P.W. and KASPAR, T.C. 1994. Soil compaction and root growth: a review. Agron. Journal. (86): 759 - 766.
- VALORAS, N.; LETEY, J.; STOLZY, L.H. and FROLICH, E.F. 1964. The oxygen requirements for root growth of tree avocado varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85: 172- 178.
- VELLIDIS, G.; SMAJSTRLA, A. and ZAZUETA, F. 1990. Soil water redistribution and extraction patterns of drip irrigated tomatoes above a shallow water table. Transaction of ASAE 33(5): 1525 - 1530.
- VENEGAS, A. 1990. Crecimiento y extensión del sistema radical en frutales, en: Curso internacional Manejo de Agua en Frutales. Chileno, 3 al 6 de enero. Depto. Ingeniería Agrícola, Facultad de Cs. Agrícolas, Veterinarias y Forestales. Universidad de Concepción.

VEPRASKAS, M.J.; MINER, G.S 1986. Effects of subsoiling and mechanical impedance on tobacco root growth. Soil Sci. Soc. Am. J 50: 423 - 427.

VILLABLANCA, Y. 1994. Estudio de la distribution y densidad de raices absorbentes en palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass en funcion a los patrones de distribution uso-consumo del agua en el suelo evaluados bajo dos sistemas de riego presurizado (goteo y microaspersion). Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso. 108 p.

WHILEY, A.W.; PEGG, K.G.; SARANAH, J.P.B. and LANGDON, P.W. 1987 Influence of Phytophthora root rot on mineral nutrient concentrations in avocado leaves. Australian Journal of experiments agriculturae 27: 173 - 177.

.....; SARANAH, J.B; CULL, B.W. and PEGG, K.G. 1988. Manaje avocado tree growth cycles for productivity gains. Queensland Agriculture Journal 114:29-36.

.....; CHAPMAN, K.R. and SARANAH, J.B. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill) cv Fuerte during flowering. Australian Journal of Agricultural research 39: 457-467.

WOLSTENHOLME, B.N. 1987. Teorical and applied aspects of avocado yield as affected by energy budgets and carbon partitioning. California Avocado Growers' Association Yearbook 10:58-61.

.....and WHILEY, A.W. 1989. Carbohydrate and phenological cycling as management tools for avocado orchards. South African Avocado Growers' Association Yearbook 12:33-37.

..... and ----- . 1990. Carbohydrate management in avocado trees for increased production. South African Avocado Growers' Association Yearbook 13:25-27.

XILOYANIS, C , MASSAI, R ; PICCOTINO, D ; BARONI, G.; BOVO, M. 1993.
Method and technique of irrigation in relation to root system
characteristics in fruit growing. *Acta Horticulturae* 335: 505 -511.

ZENTMYER, G.A. 1972. Avocado root rot. *California Avocado Society yearbook*
vol 66: 29 - 36

ANEXOS

ANEXO 1. Analisis granulometrico del suelo para los huertos en estudio. Laboratorio
 Universidad Catolica de Valparaiso.

| Estación Experimental "La Palma". Quillota (huerto A) | Fundo "La Palma". Quillota (huerto B) |
|---|---|
| Estrata: 0-40 cm | Estrata: 0-50 cm |
| Textura: Franco arcillosa Porcentaje de arena:38.00 Porcentaje de arcilla:29.30 Porcentaje de limo:32.70 | Textura: Franco arcillosa Porcentaje de arena:38.00 Porcentaje de arcilla:30.30 Porcentaje de limo:31.70 |
| Estrata: 40-51 cm | Estrata: 50-75 cm |
| Textura: Franco Porcentaje de arena:48.00 Porcentaje de arcilla:25.30 Porcentaje de limo:26.70 | Textura:Franco arenosa Porcentaje de arena:65.30 Porcentaje de arcilla:20.00 Porcentaje de limo:14.70 |
| Estrata: 51-85 cm | |
| Textura: Franco arenosa Porcentaje de arena:66.00 Porcentaje de arcilla:19.31 Porcentaje de limo:14.69 | |

ANEXO 2. Precipitación promedio del microaspersor en distintos puntos del radio del influencia

| Puntos de medición (cm) | Precipitación (mm/h) |
|----------------------------|-------------------------|
| 0 | 3.10 |
| 50 | 2.42 |
| 100 | 2.02 |
| 150 | 1.06 |
| 200 | 0.83 |
| 250 | 0.89 |
| 300 | 1.29 |

ANEXO 3. Tasa de crecimiento radicular por estrata en las diferentes fechas de medicion para los huertos en estudio.

| Tasa de crecimiento de raices del palto (cm/día) | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| Fecha | Estación Experimental "La Palma" (huerto A) | | | | | Fundo "La Palma" (huerto B) | | | | |
| | E1 (0-25) | E2 (25-50) | E3 (50-75) | E4 (75-100) | EP (0-100) | E1 (0-25) | E2 (25-50) | E3 (50-75) | E4 (75-100) | EP (0-100) |
| 30/10/95 | 0.04 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 |
| 15/11/95 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.00 | 0.05 | 0.22 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.09 |
| 30/11/95 | 0.16 | 0.16 | 0.11 | 0.00 | 0.11 | 0.19 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.09 |
| 15/12/95 | 0.17 | 0.23 | 0.32 | 0.35 | 0.26 | 0.28 | 0.21 | 0.14 | 0.00 | 0.16 |
| 30/12/95 | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.21 | 0.18 | 0.22 | 0.34 | 0.16 | 0.32 | 0.26 |
| 15/01/96 | 0.16 | 0.16 | 0.21 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.25 | 0.18 | 0.14 | 0.18 |
| 30/01/96 | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.21 | 0.13 | 0.17 | 0.16 |

