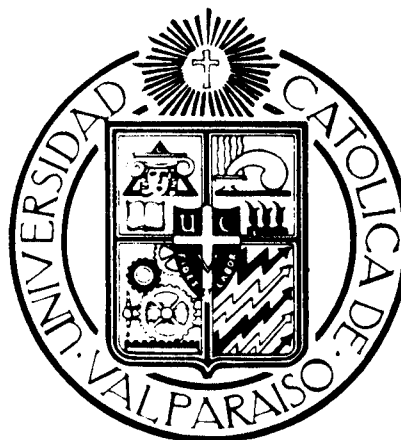


UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

FACULTAD DE AGRONOMIA

AREA DE FRUTICULTURA



TALLER DE TITULACION

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DISTRIBUCION Y DENSIDAD DE
RAICES ABSORBENTES EN PALTO (*Persea americana* Mill.) cv. HASS
EN FUNCION A LOS PATRONES DE DISTRIBUCION USO-CONSUMO DEL AGUA
EN EL SUELO EVALUADOS BAJO DOS SISTEMAS
DE RIEGO PRESURIZADO (GOTEO Y MICROASPERSION)**

IVAN ANDRES VILLABLANCA PRINEA

**QUILLOTA CHILE
1994**

INDICE DE MATERIAS

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1. Aspectos Generales.	4
2.2. Fisiología del árbol.	5
2.2.1. Sistema radicular.	5
2.2.2. Sistema vegetativo.	9
2.2.3. Sistema reproductivo.	14
2.3. Patrón cíclico del crecimiento en una temporada.	19
2.4. Requerimientos hídricos del palto.	22
2.5. Efectos del riego.	29
2.6. Programación del riego en paltos (frecuencia y volúmenes de riego).	35
2.7. Determinación de Evaporación de Cultivo (ETc) y Evaporación Potencial (ETo).	37
2.8. Aspectos a considerar en el uso de tensiómetros y bandejas evaporimétricas.	41
3. MATERIAL Y METODO	
3.1. Ubicación.	43
3.2. Caracterización del sector de estudio.	43
3.2.1. Clima.	43
3.2.2. Suelo.	45
3.2.3. Agua.	46
3.3. Material experimental.	46
3.3.1. Caracterización de los árboles.	46
3.4. Metodología de trabajo.	47
3.4.1. Determinación del patrón de uso y consumo del agua.	47
3.4.2. Determinación de la descarga del microaspersor.	48

3.4.3.	Descripción y evaluación del crecimiento de raíces.	51
3.4.4.	Obtención de registros.	55
3.4.4.1	Registros del riego.	55
3.4.4.2.	Registros climatológicos.	56
3.4.4.3.	Registros del ciclo fenológico.	56
3.4.4.4.	Caracterización del suelo del huerto de paltos.	57
3.4.4.5.	Determinación de la Densidad Aparente y confección de la Curva Característica de Humedad.	57
4.	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.	59
4.1.	Análisis de los registros climatológicos.	59
4.2.	Análisis del riego.	61
4.3.	Análisis del tipo de suelo.	65
4.4.	Análisis de los patrones de distribución uso-consumo del agua.	72
4.5.	Análisis de la descarga del microaspersor.	85
4.6.	Análisis del desarrollo de raíces bajo los dos sistemas de riego.	88
5.	CONCLUSIONES	104
6.	RESUMEN	106
7.	LITERATURA CITADA	108

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1.	Crecimiento radicular en palto cv. Hass, Quillota, V Región, septiembre 1990 - junio 1991.	7
FIGURA 2.	Floración en palto cv. Hass, Quillota, V Región, septiembre 1990 - junio 1991.	15
FIGURA 3.	Crecimiento de frutos de palto cv. Hass, Quillota, V Región.	18
FIGURA 4.	Crecimiento vegetativo en palto cv. Hass, Quillota, V Región, septiembre 1990 - junio 1991.	20
FIGURA 5.	Período de caída de frutos de palto cv. Hass, Quillota, V Región.	26
FIGURA 6.	Diagrama que muestra la distribución de los puntos en que fueron medidas las tensiones para el sector regado por el sistema de microaspersión donde  corresponde al microaspersor y  corresponde a cada punto de medición cada 0,5 m.	49
FIGURA 7.	Diagrama que muestra la distribución de puntos en que fueron medidas las tensiones para el sector regado por goteo donde  corresponde a la línea y  corresponde a los puntos de medición ubicados cada 0,5 m.	50
FIGURA 8.	Fotografía que muestra la cuadrícula utilizada para la cuantificación de raíces absorbentes y su manera de ubicarla en el perfil del suelo.	52

FIGURA 9.	Diagrama que muestra la orientación de la zanja confeccionada en el huerto regado por microaspersión para analizar el desarrollo de raíces donde  corresponde al microaspersor y  a la zanja.	53
FIGURA 10.	Diagrama que muestra la orientación de las zanjas realizadas en el huerto regado por goteo para la prospección de raíces, donde  corresponde a la línea de goteo y  corresponde a las zanjas.	54
FIGURA 11.	Curva característica de humedad para la estrata de 0 - 30 cm perteneciente al huerto de la Estación Experimental de la U.C.V.	68
FIGURA 12.	Curva característica de humedad para la estrata de 30 - 60 cm perteneciente al huerto de la Estación Experimental de la U.C.V.	69
FIGURA 13.	Curva característica de humedad para la estrata 0 - 30 cm para el huerto del fundo "La Palma".	71
FIGURA 14.	Diagrama que muestra la distribución de las tensiones medidas a 30 y 60 cm de profundidad un día después del riego para el huerto regado por microaspersión.	75
FIGURA 15.	Diagrama que muestra la distribución de las tensiones medidas a 30 y 60 cm de profundidad un día después del riego para el huerto regado por microaspersión.	76
FIGURA 16.	Diagrama que muestra la distribución de las tensiones a 30 y 60 cm de profundidad medidas un día antes del riego en el huerto regado por microaspersión.	77

FIGURA 17.	Diagrama que muestra la distribución de las tensiones a 30 y 60 cm de profundidad medidas un día antes del riego en el huerto regado por microaspersión.	78
FIGURA 18.	Diagrama que muestra la distribución de las tensiones a 30 y 60 cm de profundidad medidos en sentido paralelo a la línea de goteo para el huerto regado por goteo.	82
FIGURA 19.	Diagrama que muestra la distribución de las tensiones a 30 y 60 cm de profundidad medidas en sentido perpendicular a la línea de goteo para el huerto regado por goteo.	83
FIGURA 20.	Diagrama que muestra la descarga de los microaspersores.	87
FIGURA 21.	Fotografía que muestra la distribución de raíces en el huerto regado por microaspersión.	90
FIGURA 22.	Fotografía que muestra el desarrollo de raíces absorbentes a una distancia de 50 cm del tronco.	91
FIGURA 23.	Fotografía que muestra el desarrollo de raíces absorbentes bajo la cubierta de hojas en el huerto regado por goteo.	95
FIGURA 24.	Fotografía que muestra la distribución de raíces en la estrata que va de 20 a 45 cm.	98
FIGURA 25.	Fotografía que muestra la distribución de raíces en sentido perpendicular a la línea de goteo.	100

INDICE DE CUADROS

CUADRO	1.	Coeficientes de cultivo (K_c), para paltos, obtenidos de los datos del CIMS, California, EEUU.	40
CUADRO	2.	Distribución de la tensión del agua en el suelo medida en el sector regado por microaspersión un día después del riego a dos profundidades (30 y 60 cm).	73
CUADRO	3.	Distribución de la tensión del agua en el suelo medida en el sector regado por microaspersión un día antes del riego a dos profundidades (30 y 60 cm).	74
CUADRO	4.	Distribución de las tensiones del agua en el suelo medidas en el huerto regado por goteo un día después del riego a dos profundidades (30 y 60 cm) en sentido paralelo a la línea de goteros.	80
CUADRO	5.	Distribución de la tensión del agua en el suelo medida en el huerto regado por goteo un día después del riego a dos profundidades (30 y 60 cm) en sentido perpendicular a la línea de goteo.	81
CUADRO	6.	Densidad de raíces medida en el huerto regado por microaspersión en tres estratas.	92
CUADRO	7.	Densidad de raíces medida en el huerto regado por goteo en sentido paralelo a la línea de goteros.	96
CUADRO	8.	Densidad de raíces medida en el huerto regado por goteo en sentido perpendicular a la línea de goteo.	99

1. INTRODUCCION

En el manejo de un huerto de paltos, la disponibilidad de agua es uno de los factores que directamente condiciona el crecimiento y desarrollo de la planta, situación que se refleja en la productividad y calidad de la fruta cosechada. Este efecto se manifiesta directamente sobre el comportamiento del ciclo fenológico del árbol y otros procesos fisiológicos que, sin ser absolutamente visibles, determinarían además los parámetros de producción de la temporada siguiente.

Para la cuantificación de los requerimientos hídricos del palto, es decir, cuánto regar, situación que no se puede separar de cuándo regar, es necesario tener en cuenta la manera cómo la red de pelos radiculares obtiene el agua desde el suelo. Esta posteriormente debe ascender por los vasos del xilema y ser distribuida a la parte aérea, donde el agua pasa de estado líquido a vapor, el que a su vez es liberado a la atmósfera, produciéndose entonces el fenómeno de transpiración, cuya consecuencia es la termorregulación de la planta.

De esta manera, la cantidad de agua requerida a través del riego busca satisfacer las pérdidas por evapotranspiración

(planta-suelo), que dependen principalmente de las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, viento y otros) como también la cantidad de agua presente en la matriz del suelo que varía según las características de textura, estructura y otros factores limitantes del suelo.

En lo que respecta al árbol, es importante señalar que el sistema radicular del palto es bastante ineficiente en la absorción de agua dado el alto grado de suberización que presenta, como también muy sensible a las situaciones de estrés o exceso de humedad (DU PLESSIS, 1991). Esto hace que la elección y el manejo del sistema de riego deba ser lo más cuidadoso posible. Es bien sabido que el palto es muy sensible a la asfixia radicular, factor que predispone a la planta para ataques de *Phytophthora*, por lo que el manejo de los contenidos de agua pasan a ser primordiales.

En la determinación de los rangos de volúmenes de agua y su distribución y frecuencia a lo largo del ciclo fenológico, en forma práctica se utilizan instrumentos tales como tensiómetros, bandeja Evaporimétrica Clase A y variables meteorológicas que, empleadas adecuadamente, pueden aumentar la eficiencia del sistema de riego y con ello lograr mejores producciones.

De esta forma, el presente trabajo busca señalar que el

sistema de riego (microaspersión-goteo) y su manejo tendrá un efecto sobre el crecimiento y la distribución de raíces en la matriz de suelo, la que se manifestará posteriormente sobre el crecimiento y productividad del árbol.

En consecuencia los objetivos del presente ensayo son:

- 1) Estudio comparativo del uso de dos sistemas de riego presurizado (goteo y microaspersión) en paltos (Persea americana Mill.) cv. Hass en alta producción, evaluados sobre el crecimiento de raíces en un suelo de tipo aluvial.
- 2) Justificar que los cambios de la tensión del agua en el suelo, responden a la presencia de raíces absorbentes del árbol.
- 3) Determinar la magnitud de la influencia del tipo de suelo sobre la disponibilidad de agua para paltos mediante la utilización de los valores entregados por una Curva Característica de Humedad y la Densidad Aparente de los sectores en estudio.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Aspectos generales:

Determinar los requerimientos hidricos del palto equivale a responder cuánto regar. Sin embargo, lo anterior no puede separarse completamente de cuándo regar. La cantidad de agua requerida para satisfacer la transpiración depende de las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, viento, radiación, superficies evaporantes y presión), del tipo de suelo y de las características particulares de las plantas como son el tamaño, la edad, los niveles de producción, la estructura y la distribución de las raíces (SALGADO, 1991). En California, GUSTAFSON et al. (1979), citados por DU PLESSIS (1991) demuestran que el estado de desarrollo de las plantas influye sobre las demandas hídricas. Encontraron en árboles regados con goteros en igual época del año, que los de 6 años de edad demandaron 114 l/día en comparación a los 70 l/día de plantas de sólo 4 años.

Es por esto que para lograr el objetivo de hacer aplicaciones de riego según las necesidades reales de los árboles, es necesario estudiar el comportamiento

fisiológico de la planta y su respuesta al riego diferenciado.

2.2. Fisiología del árbol:

2.2.1. Sistema radicular

El palto presenta una estructura radicular superficial, extensamente suberizada, relativamente ineficiente en la absorción de agua, con una baja conductividad hidráulica y baja frecuencia de pelos radicales (DU PLESSIS, 1991). Por esta razón, los paltos han sido descritos como son extremadamente sensibles a la sequía y a la falta de oxígeno por exceso de humedad (DURAND y DU PLESSIS, 1990; WHILEY et al., 1987).

El sistema radicular de paltos está en un estrecho balance con el crecimiento vegetativo de la parte aérea del árbol. Durante el invierno, cuando la temperatura del suelo cae por debajo de los 18°C, el crecimiento de las raíces se reduce. Por otra parte, luego de cada brotación sigue un periodo de aumento en el crecimiento radicular llegándose a determinar que existen dos épocas de alta actividad ("flash") de crecimiento (WHILEY et al., 1988; WHILEY et al., 1987).

Para las condiciones de Quillota, HERNANDEZ (1991) encontró que el crecimiento radicular ocurre entre

noviembre y junio correlacionando en forma directa con las fluctuaciones estacionales que se observan en las temperaturas del suelo (Figura 1).

Respecto del desarrollo de raíces en profundidad, el mayor volumen de éstas (65%) se localiza en los primeros 450 mm del suelo, donde en general son vulnerables a los rápidos cambios del medio ambiente. Las raíces no suberizadas son susceptibles al hongo Phytophthora cinnamomi, el cual rápidamente impacta la dinámica de crecimiento del árbol (WHILEY et al., 1987a, citado por HERNANDEZ, 1991).

ABERCROMBIE (1990) al igual que SALAZAR y CORTES (1986) determinan que la distribución de las raíces de palto adultos es mejor, tanto horizontalmente como verticalmente. En suelos de textura gruesa y sin estratas limitantes está mejor distribuido, ya sea horizontal o verticalmente, comparado con los plantados en suelos arcillosos, no obstante que en ambos suelos la mayoría de las raíces finas se localizan entre los 0 y 60 cm de profundidad. Al respecto, BOYRS, BARRERA y LUNA (1985) agregan que los factores genéticos tanto del portainjerto como del injerto contribuyen a determinar la distribución de las raíces y también algunos componentes de su tamaño.

HERNANDEZ (1991) Y MUNOZ (1988), por su parte indican que

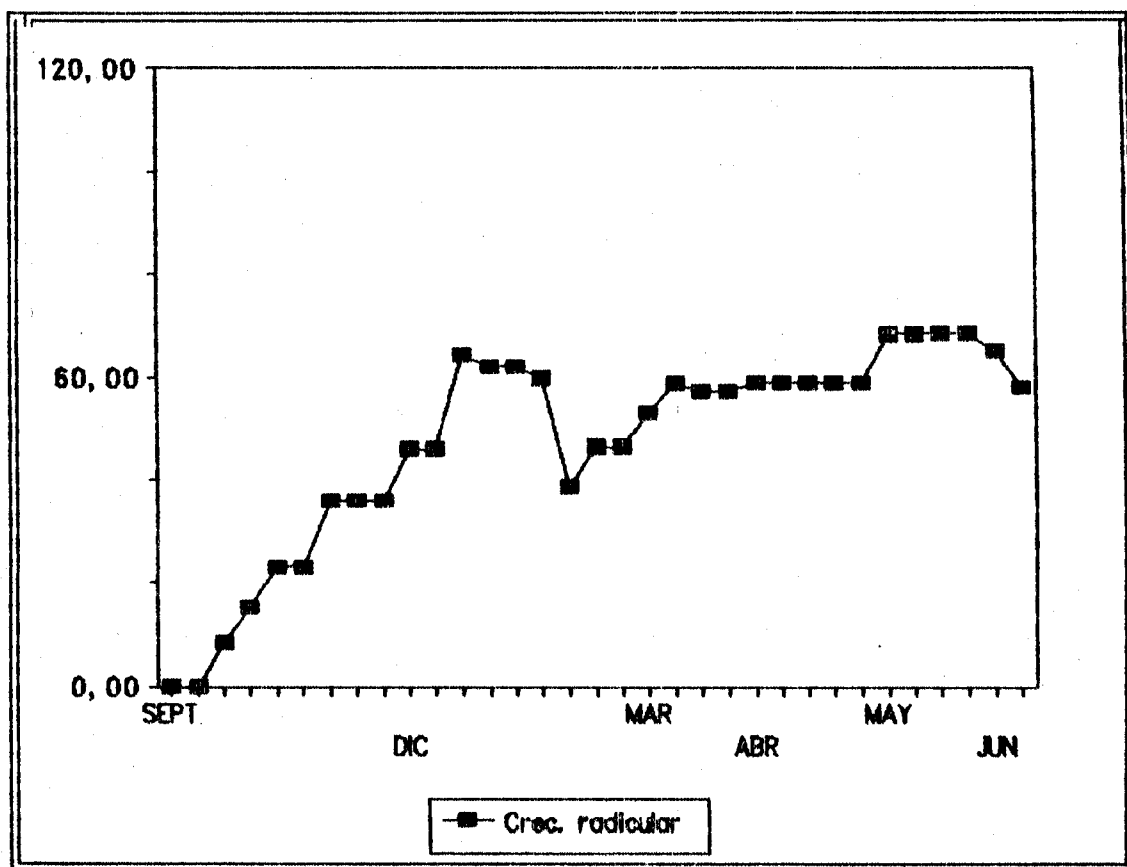


FIGURA 1. Crecimiento radicular en palto cv. Hass, Quillota, V Región, septiembre 1990 - junio 1991 (HERNANDEZ, 1991).

existiendo un sistema de riego tecnificado el mayor número de raíces se localiza en la zona de mayor disponibilidad de agua.

Por otra parte, se ha observado que la distribución de las raíces cambia dependiendo del sistema de riego que se emplee. Es así que, usando microaspersión las raíces crecen más superficialmente de acuerdo con la distribución de la pluviometría sobre el suelo y con el goteo se estimularía la concentración de las raíces dentro del bulbo de mojado (MUNOZ, 1988). HERNANDEZ (1991) encuentra que bajo las condiciones de Quillota, el 80% de la población de raíces se distribuye dentro de los 30 primeros centímetros de profundidad, con sistema de riego por microaspersión en un suelo de textura franco arcillosa.

SHALHEVET et al. (1981) citados por DU PLESSIS (1991) establecen que los paltos absorben el 95% del agua en los primeros 60 cm, si el suelo presenta texturas finas mientras que en otros de texturas medias este porcentaje se lograría a profundidades mayores debido a que las raíces pueden crecer más.

DU PLESSIS (1991) sugiere que la zona de riego que se debería considerar para maximizar su eficiencia y evitar pérdidas por percolación, alcanza a los primeros 60 cm de profundidad, aunque lo adecuado para cada huerto sería

determinar la profundidad efectiva la que crecen las raíces.

Durante épocas de sequía, HERNANDEZ (1991) y MUÑOZ (1988) señalan que éstas reducen su actividad entrando en dormancia, recuperándose al aumentar el contenido de humedad del suelo.

2.2.2. Sistema vegetativo.

El árbol de palto es de tamaño medio, de hojas alternas persistentes, coriáceas, de color verde, con forma elíptica o elíptico-lanceoladas, glabras de diez a cuarenta centímetros de largo y glancescentes en la cara inferior (PARODI, 1959).

Los árboles siempre verdes, como cítricos y palto, retienen muchas de las características ancestrales de los padres, entre las cuales tenemos un abundante follaje con alta densidad de estomas y eficiencia cuántica, pero limitada capacidad fotosintética y baja conductividad hidráulica. Por otro lado, las plantaciones de estas especies han sido extensivas en zonas semiáridas que están sujetas a fuerte insolación, lo que significa que el crecimiento ocurre en condiciones de severos estreses ambientales, donde la radiación aumenta la demanda evaporativa que puede resultar en daños fisiológicos (KRIEDEMANN, 1986).

La gran canopia de éstos árboles representa una importante superficie evaporativa, pero las raíces presentan una limitada capacidad de absorción de agua (ROWELL, 1979, citado por BOZZOLO, 1993). Mientras la producción de frutos es menor en zonas semiáridas con respecto a los subtrópicos húmedos, el éxito de los cultivos en un medio nuevo radica en las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta adecuadas al estrés de agua (WHILEY et al., 1986).

SCHOLEFIELD et al. (1980) señalan los efectos de la radiación y la humedad sobre la transpiración de las hojas y el potencial de presión del xilema en paltos, comparando árboles bien regados con árboles bajo estrés hídrico. La conductividad de la hoja decrece cuando la diferencia de humedad entre la hoja y el aire aumenta. Por otra parte, los mismos autores han encontrado diferencias en la conductividad de la hoja, la transpiración y el potencial de presión del xilema entre árboles sanos y los infectados con Phytophthora cinnamomi.

Estudios realizados por KAUFMANN y HALL (1974) indican que es posible relacionar el desarrollo de plantas bajo estrés hídrico con condiciones del suelo y de tipo atmosférico alrededor de ella. Las relaciones hídricas de muchas especies vegetales han sido interpretadas a través de un modelo para el potencial de agua en la hoja basado en el flujo continuo a través del sistema suelo - planta

- atmósfera (CAMACHO, HALL y KAUFMANN, 1974). El potencial hídrico en la hoja fue descrito como una función del potencial hídrico en el suelo, el flujo de agua a través del suelo y la planta, y la resistencia al flujo en la fase líquida:

$$U_{\text{hoja}} = U_{\text{suelo}} - (\text{Flujo}) (r_{\text{suelo a hoja}})$$

donde U es el potencial del agua y r la resistencia al flujo del agua. Bajo condiciones donde el suplemento de agua en el suelo y donde las temperaturas no limitan la absorción de agua por las raíces, el potencial hídrico en la hoja disminuye y la transpiración aumenta (KAUFMANN y HALL, 1977).

El intercambio gaseoso por la hoja virtualmente cesa con valores de potencial hídrico en la hoja bajo $-2,5$ MPa, pero el cierre estomatal puede ser iniciado en, o bajo, $-1,0$ MPa (KRIEDEMANN, 1986).

ELFVING, KAUFMANN y HALL (1972) puntualizan que cuando el potencial mátrico del suelo decrece, la conductividad hidráulica (inversamente relacionada con la resistencia al flujo) del suelo decrece rápidamente y puede reducir el flujo del agua del suelo a la planta. Ellos observaron que el colapso de la zona de la corteza de las raíces durante periodos de estrés hídrico en el suelo aparentemente aumentaba la resistencia al flujo de agua en las raíces.

Una disminución en la conductividad hidráulica del suelo y un aumento en la resistencia de la raíz en condiciones de sequedad de éste pueden explicar porqué el potencial de presión en el xilema en hojas de palto está separado de la transpiración cuando los árboles están sometidos a estrés con bajos potenciales mátricos del suelo (KAUFMANN, 1974).

Durante la transpiración rápida, bajo condiciones de cultivo, la demanda foliar por humedad usualmente excede el contenido de agua en la zona de las raíces unido a una baja conductividad hidráulica provocando la pérdida de la continuidad suelo - planta - atmósfera (KRIEDEMANN, 1986).

Estas especies tienen un ineficiente sistema de transporte de agua, con una caída en los potenciales en la hoja y un aumento en los rangos de transpiración (CAMACHO-B, HALL y KAUFMANN, 1974). SCHOLEFIELD et al. (1980) y WHILEY (1986) describen cambios diurnos en los potenciales de agua en la hoja. WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH (1988) muestran que ocurre déficit de agua en las hojas durante el periodo iluminado, aunque el suelo no limite su abastecimiento.

El papel de la hoja como órgano fotosintético es bien conocido (BAZZAS et al., 1979, citado por ROZZOLO ,

1993). BOWER, WOLSTENHOLME, y DE JAGER (1985) encerraron paltos en una cámara y determinaron rangos de fotosíntesis, estado interno del agua, y la conductividad de los estomas bajo cambios de radiación y de la temperatura (SCHOLEFIELD, 1977). Estos autores concluyeron que las condiciones óptimas para la fotosíntesis ocurrían a una temperatura de 20-24 °C en la hoja y a una radiación aproximada de 300 Wm⁻². El estrés hídrico afectó la fotosíntesis a través de la conductividad estomal. Más recientemente el papel de la actividad fotosintética en el crecimiento del fruto también ha sido estudiado (BAZZAS *et al.*, 1979, citado por BOZZOLO, 1993).

Las hojas tienen una gran densidad de estomas (400000-730000 por cm² (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988), aunque una limitada red vascular; una gran eficiencia cuántica con un ligero punto de compensación para una fotosíntesis neta de 63 umole quanta/m²/s y una saturación luminica de 20-25 por ciento de luz solar total (SCHOLEFIELD *et al.*, 1980); y una eficiencia fotosintética limitada (5-9 umole CO₂ /m² /s) (SCHOLEFIELD *et al.*, 1980; SCHAFFER y HARANOWSKY, 1986; WHILEY, 1990a). El crecimiento de brotes esporádicos se produce en una canopia compuesta por hojas de edades y eficiencia variables (WHILEY, 1990a). Los repentinos crecimientos de nuevos brotes en primavera

tardan casi 40 días en alcanzar la transición "sink"/fuente.

Las hojas también pueden almacenar grandes cantidades de carbohidratos y minerales que se reciclan durante los periodos de demanda (WHILEY, citados por GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

2.2.3. Sistema reproductivo.

Los palto florecen al finalizar el invierno o a principios de la primavera, en su mayoría a partir de la yema ubicada al final del último brote vegetativo (Figura 2). Aunque un árbol maduro puede producir sobre 1.6 millones de flores (CAMERON, MULLER y WALLACE, 1952), el árbol está más predispuesto a un crecimiento vegetativo que a la producción de frutos. El rendimiento de frutos depende en principio del éxito de la iniciación floral, antesis, polinización y desarrollo del fruto.

NIRODY (1922), SEDGLEY (1977), SEDGLEY y ANNELLS (1981) y SEDGLEY y GRANT (1983) han escrito acerca del complejo ciclo de la floración del palto y su sensibilidad a la temperatura. Básicamente, las flores presentan una dicogamia protógina sobre las 48 horas, siendo la primera apertura receptiva femenina y la segunda funcionalmente masculina. Los cultivares se dividen en dos tipos: tipo

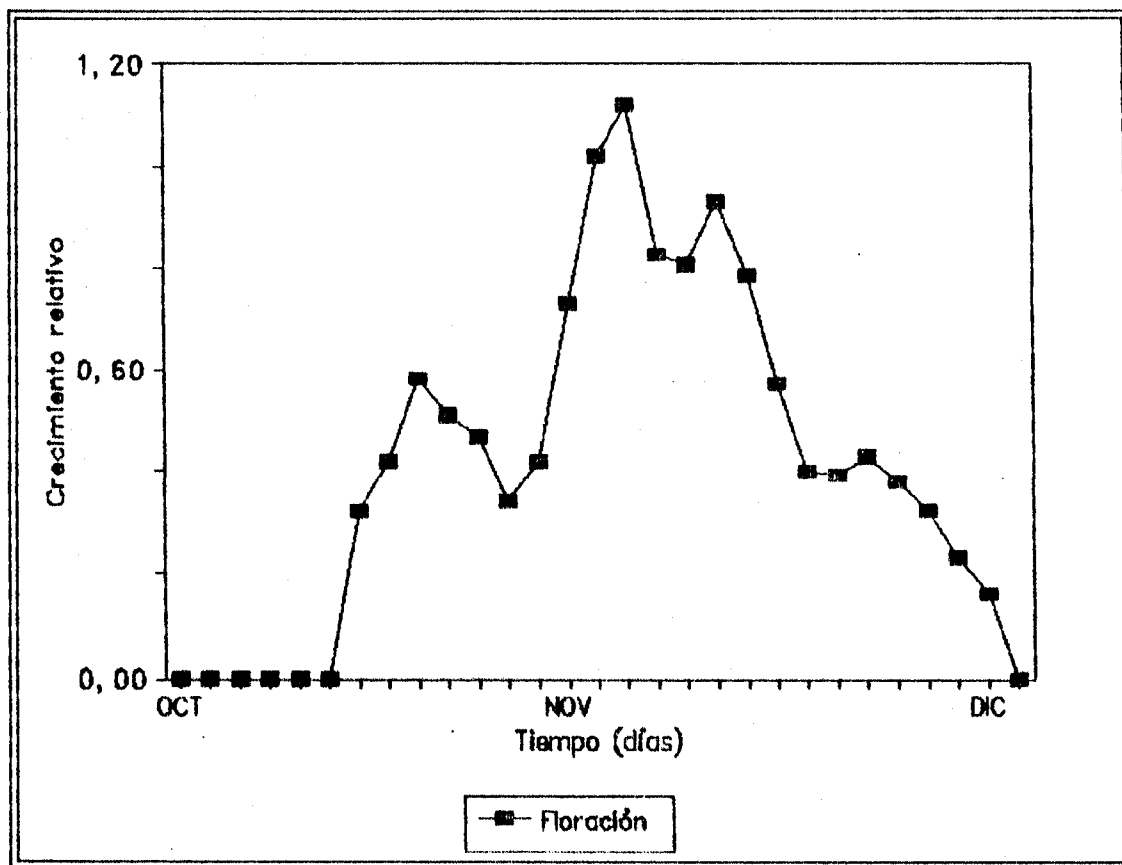


FIGURA 2. Floración en palto cv. Haass, Quillota, V Región, septiembre 1990 - junio 1991 (HERNANDEZ, 1991).

"A", femenino en la mañana y masculino en la tarde, y tipo "B", femenino en la tarde y masculino en la mañana (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

En palto, la floración es terminal en el último "flush" vegetativo y ocurre a fines de invierno y en primavera. La inflorescencia es clasificada como panícula cimosa (SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985). Las flores presentan una alternada dicogamia (ROBINSON y SAVAGE, 1926, citados por HERNANDEZ, 1991) que es fuertemente influenciada por la temperatura (SEDGLEY, 1977 ; SEDGLEY y GRANT, 1983).

Así, el crecimiento floral en palto es el mayor evento de la fenología del árbol, con un aumento sustancial de los potenciales de demanda de agua durante el período crítico de caída de fruta si ha ocurrido una significativa pérdida desde las flores (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988). Además, en pétalos y sépalos no se presentan depósitos de cera epideral, por el contrario, éstos son altamente pubescentes. Si bien estos órganos muestran algunas barreras anatómicas que limitan la pérdida de agua, las flores favorecen el déficit, incluso durante periodos de moderada demanda transpiratoria (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988; WHILEY et al, 1986; CAMACHO, HALL y KAUFMANN, 1974).

Mientras la interacción cultivar - ambiente tiene un

efecto dominante en el éxito de la floración del huerto, también el manejo puede tener un impacto en esta relación. El estrés en los paltoes puede tener un efecto significativo en la floración. Este puede estar relacionado con el agua, los nutrientes, la carga o la pudrición de la raíz por Phytophthora cinnamoni que tiene un efecto complejo en la fisiología del árbol (WHILEY et al., 1986; WHILEY et al., 1987). Así, la iniciación floral determina los potenciales del cultivo, pero la realización de esos potenciales tiene un efecto sobre la caída de la fruta y su subsecuente alargamiento. De esta manera las relaciones hídricas pasan a ser cruciales. La caída de frutos, la caída prematura de ellos o el crecimiento limitado en cultivos establecidos, puede ser completamente atribuido a contenidos de humedad subóptimos en el suelo. Bajo condiciones de alta demanda evaporativa, como comúnmente ocurre en regiones semiáridas durante la primavera, la humedad en la zona de las raíces puede ser inadecuada para mantener el turgor en órganos aéreos a pesar del riego frecuente (KRIEDEMANN, 1986).

TELLO (1991) señala que la tasa crecimiento de los frutos varía a través del tiempo (Figura 3). En la primera etapa desde enero a fines de abril, la tasa de crecimiento es más acelerada. Durante este periodo existen temperaturas y evapotranspiración potencial altas que inciden en una gran

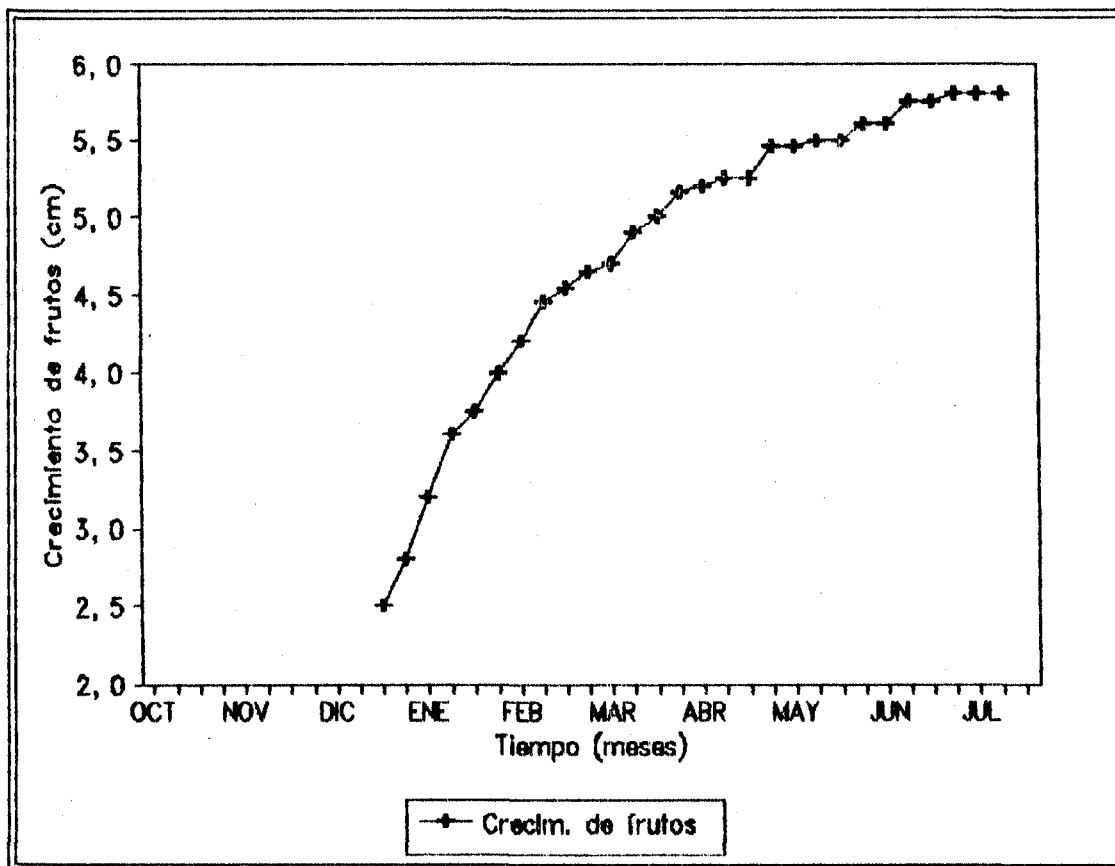


FIGURA 3. Crecimiento de frutos de palto cv. Hass, Quillota, V Región (TELLO, 1990).

actividad fotosintética, la cual produce los elementos nutricionales requeridos por los "sink" existentes. En esta etapa un "sink" importante son los frutos en desarrollo que experimentan división y elongación celular activa. Otro "sink" importante que participa de la competencia por nutrientes es el "flush" de crecimiento vegetativo, éste es más fuerte comparado con el producido por la floración y por frutos en sus primeras etapas de desarrollo.

2.3. Patrón cíclico del crecimiento en una temporada:

La fenología describe los patrones cíclicos de crecimiento que se dan en los árboles anualmente. También permite reconocer interacciones competitivas entre los variados componentes del mismo. Al igual que ocurre en la mayoría de los árboles de hoja persistente, incluyendo el palto, un fuerte estímulo ambiental sincroniza el crecimiento y la floración, pero no existe un período fisiológico de inactividad (VERHEIJ, 1986).

WHILEY et al. (1986) han descrito los ciclos típicos de crecimiento anual de los órganos vegetativos y reproductivos del palto. Estos presentan dos "flushes" vegetativos de importancia (períodos de extensión del brote) en una temporada de crecimiento completo (Figura

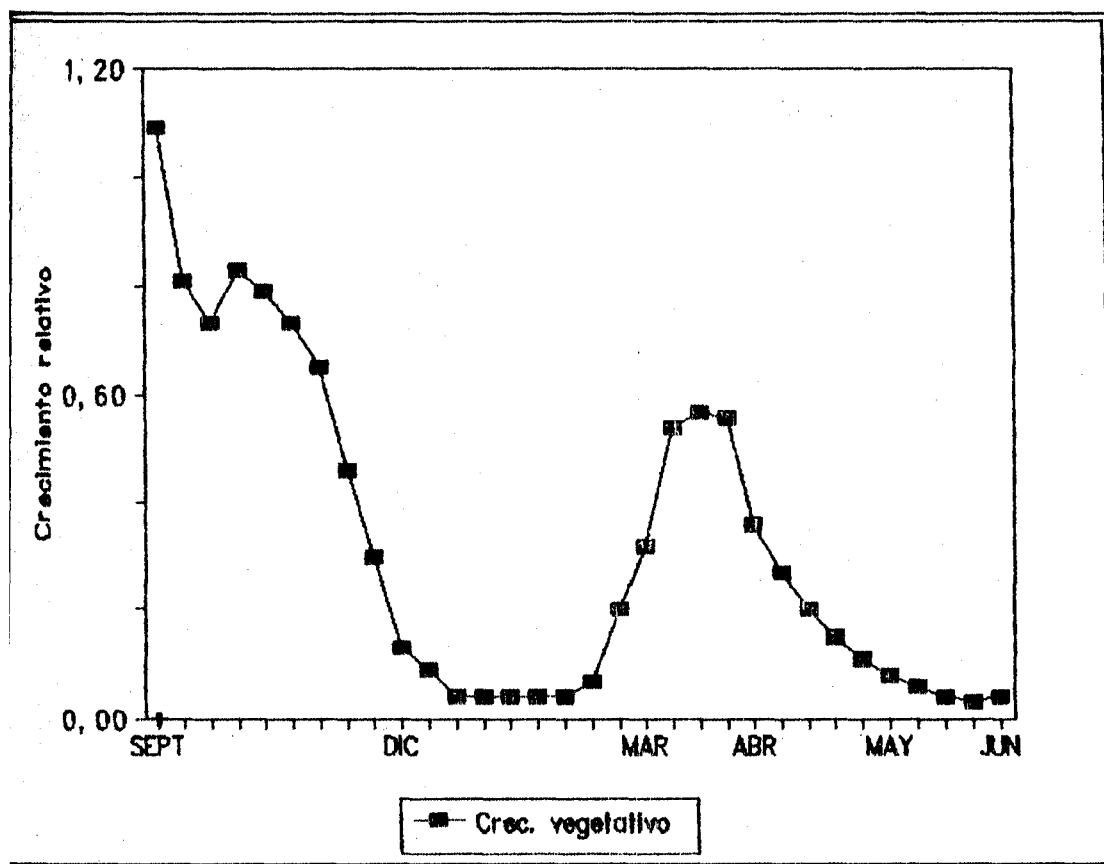


FIGURA 4. Crecimiento vegetativo en palto cv. Hass, V Región, septiembre 1990 - junio 1991 (HERNANDEZ, 1991).

4), cada uno de ellos seguido por un período de intensificación del crecimiento de la raíz. El desarrollo del primer brote vegetativo comienza en la primavera, hacia el final de la floración. El crecimiento reproductivo comienza después de un corto período de semi-receso del árbol con un desarrollo del brote, antesis y formación del fruto. La floración es un evento de importancia en la fenología del palto, contribuyendo en un 8% a la producción total de materia seca en un ciclo completo de crecimiento (CAMERON, MULLER y WALLACE, 1952) y nutrientes móviles de las hojas (WHILEY, citados por GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991). Inmediatamente después de la formación del fruto, se da una caída del mismo. Esta caída coincide con el crecimiento del brote de primavera.

El éxito de la formación de frutos durante los primeros 60 días posteriores a la floración depende de la disponibilidad de los fotosintatos almacenados, de la fotosíntesis del momento (brotes de hojas maduras en verano) y del tiempo de transición de "sink" a fuente de los brotes durante la primavera, que es necesaria para el desarrollo secundario de las paltas. La magnitud de la segunda caída de frutos al comienzo del período de verano, en la etapa de crecimiento, está correlacionada directamente con la retención de fruta al madurar repentinamente en primavera (WHILEY, RASMUNSEN y SARANAH, 1991). Parece no haber relación entre la caída de

la fruta en ese periodo y el crecimiento repentino de verano. WOLSTENHOLME, WHILEY y SARANAH (1990) han demostrado que las condiciones ambientales desfavorables durante ese tiempo aumentan las tasas de caída de fruta. Sin embargo, es probable que el mayor impacto respecto de esta pérdida sea la limitación de recursos que se presenta antes de finalizar la madurez repentina de primavera (WHILEY, RASMUNSEN y SARANAH, 1991). Es por esto que se producirían dos épocas de caída de fruto en forma natural. La primera coincidente con un crecimiento de brotes de primavera y luego una segunda, esta vez coincidiendo con el inicio de un nuevo "flush" de crecimiento vegetativo en verano (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988).

El brote de verano es sin duda alguna, importante para el tamaño final del fruto, como también lo es para la fuente de fotosintatos y nutrientes de las producciones de los años siguientes (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

2.4. Requerimientos hidricos del palto:

Un programa adecuado de riego consiste en aplicar la suficiente cantidad de agua por árbol, de manera que no experimente estrés y se minimicen las pérdidas por percolación profunda (POST y PECK, 1983).

Como etapas críticas en la fenología del palto se deben considerar aquellas en que cualquier desbalance ocasionado por algún factor de producción afecte en forma negativa las cosechas o la calidad de éstas (BOZZOLO, 1993).

La cantidad de agua que necesitan los paltos es menor durante el periodo invernal de semiactividad, cuando las funciones de crecimiento son mínimas. Sin embargo, con los cultivares de maduración tardía, por ejemplo Hass, aún hay crecimiento en esa época, por lo que no se debe restringir el agua.

En una temporada de crecimiento completa los paltos muestran un patrón doble de crecimiento, existiendo una interdependencia entre el desarrollo de los brotes (uno de primavera y otro en verano) seguido por el de las raíces. Los requerimientos de agua durante el invierno, mientras los árboles se encuentran en semidormancia, son bajos pues las funciones de crecimiento son mínimas (DUPLESSIS, 1991; WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988).

El riego es fundamental a partir de la primavera ya que en esta época se presentan la floración, la cuaja y el desprendimiento de frutos. La presencia de estas estructuras y eventos provocan que la transpiración exceda a la absorción de agua y su translocación en la planta

durante el día. El desbalance parcial de agua puede afectar negativamente la productividad y calidad final de los frutos (LAHAV y KALMAR, 1983).

Los requerimientos de agua aumentan sustancialmente durante la floración reflejando tanto la incrementada superficie susceptible a pérdidas de agua (WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988) como un mayor estrés ambiental impuesto durante la primavera. El manejo del agua en el huerto durante la floración puede ser crucial para la formación de frutos, en especial si los árboles están plantados en limos arenosos con poca retención de agua. Cuando el agua es limitada, las panículas de flores son las primeras en percibir estrés y pueden sufrir un daño permanente (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991). Es sabido que el proceso de iniciación floral depende de una interacción necesaria, en espacio y tiempo, de hormonas endógenas y de otras sustancias sintetizadas por la planta a través de la fotosíntesis. Un desarrollo normal de las flores requiere los elementos adecuados en un determinado equilibrio (WESTWOOD, 1982), además de un buen abastecimiento hídrico, pues la floración contribuye significativamente a la pérdida de agua por transpiración a través de la superficie epidermal, alcanzando en cv. Fuerte al 13% por árbol (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988). Estos autores señalan que las pérdidas de agua en hojas y segmentos de

la panícula observados en condiciones ambientales controladas, muestran dos distintos estados. Primero, una rápida declinación de las pérdidas de agua que se verifican durante el cierre de los estomas y segundo, un estado lineal pero constante de pérdida de agua que se verifica cuando los estomas están cerrados pero, la presión de vapor saturada dentro de los órganos se mantiene constante (SINCLAIR y LUDLOW, 1986). Esta contribución de las estructuras florales al área total de la canopia, implican una importante pérdida de agua a través de estas superficies. Datos preliminares de mediciones del potencial mátrico en la zona radical de palto muestran una rápida disminución de los contenidos de agua cuando la floración comienza (TROCHOULIAS, 1988, citado por BOZZOLO, 1993).

Hacia fines de primavera, el manejo del agua no es tan esencial. Sin embargo, no se debería permitir que los árboles lleguen a una situación de estrés excesivo, ya que se puede afectar la calidad final del fruto (BOWER, 1985). Según LAHAV y KALMAR (1977), cuando palto cv. Hass experimentan estrés hídrico en primavera y otoño, sufren de una caída acelerada de frutos, mientras que en cv. Fuerte provoca frutos de menor tamaño.

MEYER et al. (1990) observaron que hay un aumento significativo en la producción debido al suministro de

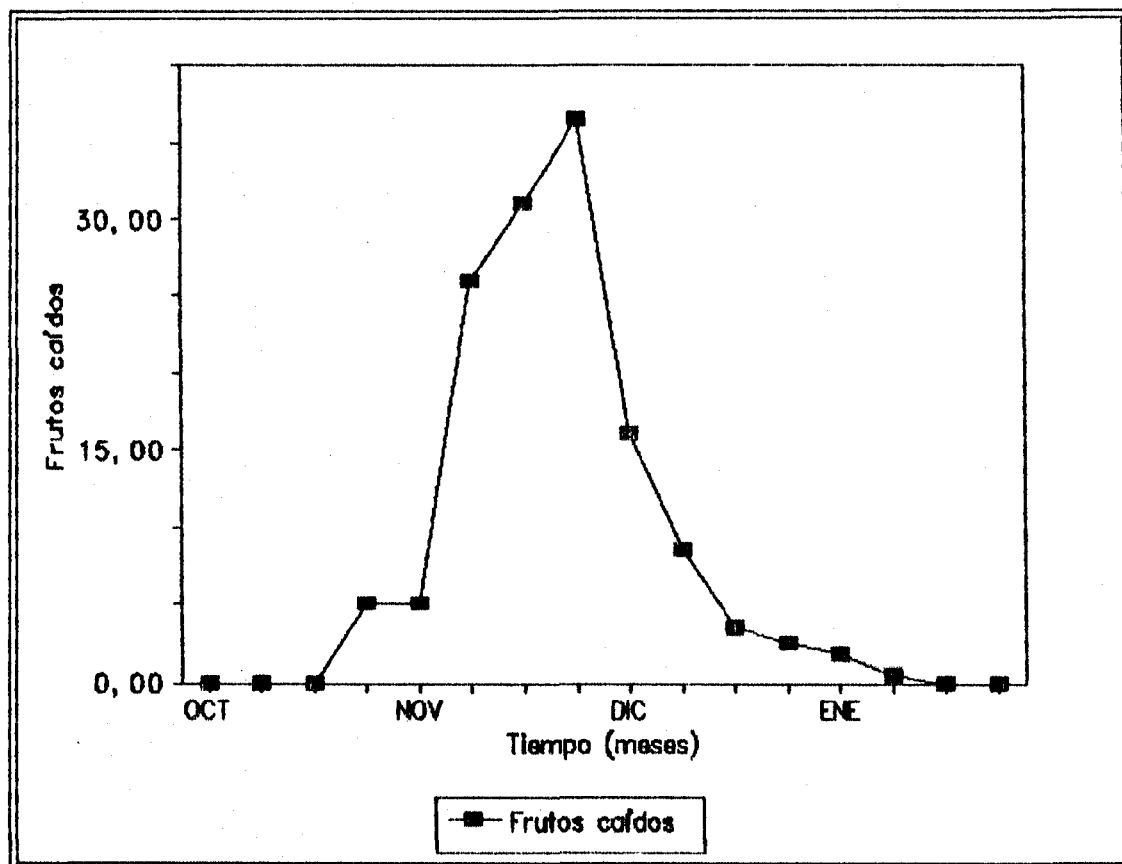


FIGURA 5. Periodo de caída de frutos de palto cv. Hass, Quillota, V Región (HERNANDEZ, 1990).

agua cuando se cosecha temprano en la temporada ya que se evitaría el desprendimiento de fruta provocado por competencia. Esto estaría demostrando que las prácticas de riego pueden influir en forma significativa en los impactos económicos, siempre y cuando se acompañen de correctas prácticas culturales.

La segunda etapa de la caída de la fruta en el ciclo de crecimiento es el período más crítico para la administración del agua. Esta es una etapa de ajuste de la plantación durante el verano donde pueden ocurrir días de estrés extremo. Si bien un buen riego durante este período no evita la caída de la fruta, un suministro de agua adecuado aminora el impacto del ajuste de la carga en el rendimiento final. Sin embargo, WHILEY, CHAPMAN y SARANAH (1988) en Australia, describen dos períodos muy marcados en que la tasa de desprendimiento de fruta son más altas. Al respecto, DURAND y DU PLESSIS (1990) acotan que el manejo del agua es más crítico en la última etapa de la caída acelerada de frutos. Agregan, además, que durante el período final en que el fruto comienza a crecer rápidamente, un manejo efectivo del riego reduce su caída y aumenta el tamaño final, de ellos. Aplicaciones abundantes de agua durante éste período son fundamentales para estimular la etapa de crecimiento acelerado de frutos nuevos.

En Chile, esta situación ha sido descrita parcialmente por

HERNANDEZ (1991) y TELLO (1990) quienes señalan un sólo periodo con altas tasas de desprendimiento de frutos entre mediados de octubre y fines de diciembre (Figura 5) para luego continuar con la etapa de crecimiento acelerado de los frutos desde enero hasta fines de marzo (Figura 3).

La abscisión de frutos normales durante el periodo de desprendimiento se debería a la gran competencia ejercida entre ellos y los frutos de la temporada anterior; a la competencia con el crecimiento vegetativo que ocurre luego de la floración; a la sensibilidad a temperaturas extremas y; a daños causados por déficits hídricos a nivel de embrión (LOVATT, 1990; DURAND y DU PLESSIS, 1990; BOWER y CUTTING, 1986).

La competencia entre los frutos y los crecimientos vegetativo y radicular reducen las reservas de carbohidratos en la planta provocando el fenómeno de "producciones bianuales" que enmascaran los efectos del riego y otros manejos (DURAND Y DU PLESSIS, 1990; LOVATT, 1990; WHILEY, 1990b; BOWER y CUTTING, 1986).

Durante el último periodo de crecimiento y maduración rápidos, un riego efectivo reduce la caída del fruto y aumenta el tamaño final de éstas.

Los tratamientos de riego diferenciados podrían adelantar la caída de frutos, pero no así modificar su magnitud

(LAHAV y KALMAR, 1983). Estos autores corroboran esto en sus ensayos realizados en la localidad de Akko, Israel, sobre tres cultivares (Hass, Fuerte y Ettinger) establecidos sobre un suelo arcilloso (63%), en que utilizando valores promedio de seis años no detectan diferencias en el número de frutos por árbol, así como tampoco en el peso de éstos.

La reducción en la tasa de crecimiento de los frutos disminuye las necesidades de riego mejorando la aireación del suelo y el desarrollo radicular. También minimiza la probabilidad de diseminación e infección con *Phytophthora* y no tiene efectos negativos sobre la inducción y la floración en primavera (LAHAV y KALMAR, 1983).

Evitar la competencia entre las diferentes estructuras reduciendo las tasas de crecimiento vegetativo en favor del reproductivo ya sea regulando el riego, la fertilización o usando reguladores de crecimiento aumentan la retención de fruta y su calidad (DURAND y DUPLESSIS, 1990; LOVATT, 1990).

2.5. Efectos del riego:

El riego y la fertilización son los principales factores de precosecha sobre la pudrición y la calidad de frutos.

El riego dentro de ciertos límites (80 a 120% de ETC) bajo las condiciones de Corona (EEUU) no tiene efecto sobre el calibre final de la fruta ni en su composición química. Sin embargo, los riegos con niveles de 120% de la ETC resultan en mayores producciones acumuladas al cabo de varios años (ARPAIA y EAKS, 1990). En este punto, TELLO (1991) señala que los mejores resultados en crecimiento vegetativo, desarrollo y calidad de frutos se lograrían con riegos dentro de ciertos límites (70 a 90 % ETC) bajo las condiciones de Quillota. Por otra parte, efectuar riegos con niveles del 120%, afectarían la calidad de los frutos destinados al mercado interno, pues obtendrían contenidos de aceite por debajo del rango óptimo de cosecha, 13 a 16%, planteado por MARTINEZ (1984).

BOZZOLO (1993) señala que no existe una relación entre el riego y los niveles de producción, debido en parte, a que las producciones bianuales se presentan con igual regularidad durante el período de la evaluación. Las láminas aportadas asegurarían niveles óptimos de producción, siempre y cuando se coseche temprano en la temporada para evitar el desprendimiento de fruta provocado por la competencia.

El uso de una cubierta de hojas (mulch) durante periodos de alta demanda atmosférica tiene efectos positivos disminuyendo las fluctuaciones térmicas diarias del suelo,

manteniendo mejor la humedad y promoviendo el desarrollo vigoroso de raíces y raicillas (GREGORIOU y KUMAR, 1984). Además, mejora las características físicas del suelo aumentando el número de macroporos que mantiene el agua y/o aire necesario para el crecimiento de las plantas. Los suelos con mulch, aumentan el contenido de materia orgánica lo que les otorga una mayor capacidad retentiva de agua y mejor agregación, lo que implica una mejor estructura y aireación. Este aumento en la medida de los poros permite una mejor utilización de las primeras 12 pulgadas de suelo desde la superficie, las cuales son las más fértiles y mejor aireadas. Esta corresponde a la zona en que las raíces de cítricos y palto son más activas (TURNER y MENGE, 1993). Debido a la mayor distribución superficial de las raicillas absorbentes por debajo de la cubierta de hojas, se sugiere que el sistema de riego usado debiera cubrir entre un 50 a un 70% de la superficie de la proyección de la canopia (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991; KURTZ, GUIL y KLEIN, 1991; BOZZOLO, 1993).

El palto es marcadamente sensible a los efectos de la humedad del suelo debido a que su sistema radicular es superficial, pobre en número de raicillas y además susceptible a enfermedades (AVILAN et al., 1984). Un estrés determinado por altos contenidos de humedad en los

30 o 60 cm de suelo provoca eventuales problemas en el metabolismo radical limitando su crecimiento y el transporte activo de elementos minerales, de tal manera que existiría una menor producción de citoquininas y por ende, menor transporte hacia la parte aérea, donde ocurriría un desbalance con los niveles de ácido abscísico, disminuyendo de esta manera en forma indirecta la fotosíntesis y formación de aminoácidos y ácidos grasos a partir de los compuestos intermedios del ciclo del ácido tricarboxílico (MARSHNER, 1986). Esto se debe a que los mayores niveles de ácido abscísico producidos en el desbalance, promueven un cierre estomal, viéndose disminuido el movimiento del agua a través del árbol, el que en parte dependerá sólo, de la presión de raíz, pues ésta también se ve afectada al haber una menor acumulación de sales, lo que aminora el potencial osmótico (DEVLIN, 1980).

Dado tales circunstancias, el árbol presenta alteraciones debido a las aplicaciones de altos volúmenes de riego, que determinan un menor crecimiento de frutos. Este, queda definido por el aumento progresivo del tamaño de las vacuolas, las que se forman al inicio de la fase de crecimiento de las células y aumentan de tamaño conforme crecen (WESTWOOD, 1982).

El déficit de agua, nutrientes o pudrición de raíces

adelantan la floración en más o menos seis a ocho semanas. Esto puede reducir sustancialmente las oportunidades de formación de frutos, debido a temperaturas desfavorables para el mecanismo de dicogamia. Además, se produce una disminución en las tasas de crecimiento, lo que resulta en la acumulación de amonio en las hojas pudiendo llegar a niveles tóxicos produciendo síntomas como la quemadura de hojas (tip-burn) y defoliación (BENDER y SAKOVICH, 1988).

Existen evidencias que asocian el déficit hídrico con un incremento en los niveles de ácido abscísico (ABA) (LOVATT, 1990). Este aumento del ABA por sobre ciertos niveles durante el período crítico causa el desprendimiento de fruta o promueve los procesos de senescencia en hojas y frutos de la temporada anterior. Además se ha observado que un exceso o déficit hídrico provocado durante los tres meses post-cuaja aumenta la incidencia de altos niveles de la enzima polifenoloxidasa (PPO) en frutos cosechados. Este aumento de PPO se debería al aumento del ABA ocasionado a nivel de las membranas celulares. Además del repentino aumento de la PPO, se observa una madurez anticipada de los frutos y un aumento en los índices de desprendimiento de éstos (LOVATT, 1990; BOWER, CUTTING y VAN LELYVELD, 1986; BOWER y VAN LELYVELD, 1986).

Por otra parte, se ha determinado que las diferencias en las tasas de crecimiento vegetativo, debido a distintas frecuencias de riego, para árboles en años de alta producción es mucho menor que aquellos en que se tuvo una baja producción (LAHAV, KALMAR y ZAMET, 1973), lo que demostraría que el "sink" realizado por los frutos resulta ser superior al del crecimiento vegetativo en tales condiciones (TELLO, 1991).

BOZZOLO (1993) determina que al relacionar las láminas de riego aplicadas cada año con sus respectivas producciones, no había asociación lineal en ninguno de los huertos analizados. WHILEY, RASMUNSEN y SARANAH (1991) coinciden con SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985), en que tanto las producciones hivernales como las lluvias invernales enmascaran los efectos del riego y otros factores de producción. Al respecto, LOVATT (1990) plantea que en años en que la caída de frutos es abundante, se produce un crecimiento exuberante de los brotes, aumentando el tamaño, la eficiencia de la fotosíntesis y la superficie evaporante de la planta, generando una mayor demanda inmediata por agua.

En cuanto a las láminas de agua aplicadas, éstas asegurarían niveles óptimos de producción, siempre y cuando se coseche temprano en la temporada para evitar el desprendimiento de fruta provocado por la competencia

(BOZZOLO, 1993).

2.6. Programación del riego en paltos (frecuencia y volúmenes de riego):

DURAND y DUPLESSIS (1990) indican que los paltos requieren de riegos cortos pero frecuentes ya que aumenta los niveles de aireación del suelo, se reducen las pérdidas de agua por percolación y mantendrían un nivel óptimo en los periodos de máxima demanda.

LAHAV y KALMAR (1983) y KURTZ, GUIL Y KLEIN (1991) en Israel y GUSTAFSON et al. (1979) en California, encuentran que las altas producciones se asocian a riegos abundantes (538 a 828 mm por temporada) dependiendo del tipo de suelo y de los niveles de pluviometría y evaporación de bandeja para cada zona en particular.

Los instrumentos más usados para la programación de los riegos son los tensiómetros y las bandejas evaporimétricas. La frecuencia entre cada riego estará determinada por la capacidad que tenga el suelo de almacenar agua. Para la determinación de la frecuencia de los riegos usando tensiómetros se requiere de una curva característica de humedad la cual debe construirse para cada suelo. Con esta información se pueden estimar los

volúmenes de agua para llegar a capacidad de campo en la zona de crecimiento radicular (DU PLESSIS, 1991).

Se acepta mayoritariamente que la frecuencia de los riegos se determina por el nivel de agotamiento del agua en la zona de mayor actividad radicular. Estos niveles pueden variar dependiendo de la capacidad de retención de humedad del suelo, el sistema de riego utilizado (por surcos, goteo o microaspersión), presencia de coberturas y distribución en profundidad de las raíces. Se ha establecido que, independiente del sistema de riego usado, el límite de agotamiento hídrico durante el período crítico será de un 30 a un 60 por ciento del agua aprovechable. Estos límites corresponden a potenciales mátricos de entre -25 a -50 KPa en suelos de texturas finas y -30 a -40 KPa en los de texturas gruesas. Regando con estos niveles se obtienen producciones y calidad de frutas aceptables y hay una reducción importante en la severidad de los ataques de Phytophthora (DU PLESSIS, 1991; WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988; BOWER, 1985; BORST, 1984; LAHAV y KALMAR, 1983; LYMAN, 1982).

Durante el período crítico, en aquellos sectores de texturas medias y con buen drenaje superficial e interno, se sugiere mantener potenciales mátricos de entre -15 y -20 KPa evitando que disminuyan de los -40 KPa (DURAND y DU PLESSIS, 1990; MARSH et al, 1978).

2.7. Determinación de Evaporación de Cultivo (ETc) y Evaporación Potencial (ETo):

De todos los métodos para estimar la ETo el de la bandeja evaporimétrica es el más usado ya que permite medir los efectos ponderados de las variables que influyen la evapotranspiración como la humedad relativa, el viento, la radiación y la temperatura. Para estimar ETo se aplica un coeficiente de bandeja, Kb, determinado empíricamente que refleja los efectos de las condiciones de instalación sobre la evapotranspiración potencial. Así, la evaporación de bandeja (Eb) se relaciona con ETo en la siguiente expresión:

$$ETo = Eb \cdot Kb \text{ (mm/día)}$$

Para las condiciones de Quillota, el valor de Kb se resume en el Anexo 8 en función del viento, la humedad relativa, la distancia a barlovento de la cubierta verde y las condiciones de instalación.

El coeficiente de cultivo, Kc, es en definitiva el que establece la relación entre la evapotranspiración potencial, ETo, y la real, ETc, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$ETc = ETo * Kc \quad (\text{mm/día})$$

Los Kc se obtienen en forma experimental y resumen el comportamiento de los cultivos en el sistema suelo-planta-atmósfera, integrando factores tales como las características propias del cultivo, condiciones climáticas predominantes y la frecuencia de riegos y lluvias. El ritmo de desarrollo del cultivo es importante ya que el Kc varía a través del ciclo fenológico tomando los mayores valores cuando el cultivo alcanza su máximo índice de área evaporante. Como el Kc se obtiene en forma experimental, es particular para cada uno de los cultivos y para las condiciones en que se obtuvo. El valor Kc representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produce rendimientos máximos (DIAZ, 1988; DOOREMBOOS y PRUIT, 1986).

ADATO y LEVINSON (1988) determinaron en Israel que usando un Kc de 0.46 y regando con goteros en forma intermitente, se lograron mejores efectos en las cosechas que usando un Kc de 0.64 con microaspersores en forma tradicional. Los resultados se atribuyeron a la capacidad de adaptación de los árboles a este sistema, evitando el déficit hídrico que provoca la disminución progresiva del potencial mátrico al ser menores las frecuencias de riego y periodo de anaerobiosis que se produce al reponer la lámina de

agua agotada.

LAHAV y KALMAR (1983) encontraron en Israel coeficientes de cultivo de 0.54 a 0.39 a partir de registros históricos de mediciones del potencial métrico hechas con tensiómetros. Los ensayos practicados en cv. Hass demostraron que usando el coeficiente mayor a partir de primavera y el menor en otoño los resultados al evaluar las cosechas son mejores que usándolos en forma independiente.

De igual forma MEYER et al. (1990) calcularon los coeficientes de cultivo mensuales para palto en la zona de Corona en San Diego, EEUU (Cuadro 1). Su determinación se hizo a partir de la evapotranspiración potencial (E_{Po}) de un cultivo de poáceas alrededor de la estación meteorológica y la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}) de paltos. Los K_c determinados presentan un comportamiento simétrico a medida que avanza la temporada a partir de primavera hasta el periodo de máxima demanda en verano (K_c = 0.55 en junio y julio en el hemisferio norte) para volver a disminuir hacia el otoño e invierno (K_c = 0.35 en enero). Al cabo de tres años de evaluación económica los mayores beneficios se obtuvieron al regar con el 100% de la E_{Tc} (TAKELE et al., 1991).

BOZZOLO (1993) encontró que no había una tendencia

significativa al comparar distintos valores de ETC y los niveles de producción acumulados durante un periodo de seis años de estudio, lo que indicaría que, con láminas de riego altas (4463,7 m³/ha) se obtendrían mayores cosechas. Este mismo efecto fue descrito por MEYER et al. (1990) en que láminas de un 120% de la ETC produjeron mayores cosechas acumuladas. Sin embargo, BOZZOLO (1993) señala que durante el periodo de evaluación, el tratamiento que aplicaba menores láminas, presentaba la mayor producción, por lo que no se puede descartar que con aplicaciones de láminas de riego menores se logren buenos resultados.

CUADRO 1: Coeficientes de cultivo (Kc), para paltos, obtenidos de los datos de CIMS, California, EEUU.

MES	Kc
Enero	0.35
Febrero	0.40
Marzo	0.45
Abril	0.45
Mayo	0.50
Junio	0.55
Julio	0.55
Agosto	0.50
Septiembre	0.45
Octubre	0.45
Noviembre	0.45
Diciembre	0.40

(Fuente: MEYER et al., 1991).

2.8. Aspectos a considerar en el uso de tensiómetros y bandejas evapormétricas:

Desde el punto de vista científico los tensiómetros son ideales como instrumentos de registro y programación de riegos porque el nivel de humedad en la zona de las raíces es medido directamente. Dentro de las principales desventajas que presentan están el gran número que de éstos se requiere, en especial donde los suelos son muy variables, donde las plantaciones son extensas o corresponden a especies o cultivares con diferentes requerimientos hídricos (BOZZOLO, 1993).

El uso de los datos proporcionados por la bandejas pueden ser usados en forma referencial para las demandas de un cultivo a implantar cuyo K_c haya sido previamente determinado. Esto quiere decir que servirá para tener una idea de cuánta agua se debe disponer potencialmente para un cultivo en su período de máxima demanda (BOZZOLO, 1993).

Los K_c se basan en la relación entre las necesidades de agua del cultivo y el clima de una zona y un periodo en particular. La exactitud de este método depende de los resultados de las investigaciones para cada zona en

particular. En general, se han realizado pocos trabajos para determinar el uso de los coeficientes de cultivo y los que existen deben ser ensayados por mucho tiempo más (DU PLESSIS, 1991; GOODALL, 1987).

Es así como el Kc no entrega información sobre los niveles de retención de agua del suelo o la planta pero, presenta la ventaja de que es fácil de aplicar. En algunas condiciones particulares una de las desventajas de su uso es que el suelo puede secarse progresivamente si el Kc es muy bajo o sobresaturarse si es muy alto. Ahora bien, si suponemos un suelo con un nivel freático alto (a nivel de las raíces) el uso de bandejas indicará una lámina a aplicar que sólo aumentará los problemas derivados de la asfixia (DU PLESSIS, 1991; SLABBERT, 1987).

3. MATERIAL Y METODO

3.1. Ubicación:

El presente estudio se realizó en el huerto de la Estación Experimental "La Palma", perteneciente a la Universidad Católica de Valparaíso y el fundo "La Palma" perteneciente a la misma universidad ubicados en la comuna de Quillota, V Región, Chile, correspondiente a 32°50' latitud sur y 71°13' longitud oeste.

3.2. Caracterización del sector de estudio:

3.2.1. Clima.

La condición de Quillota corresponde a un clima mediterráneo, ubicado en la zona de los valles transversales que se caracterizan por tener veranos secos y cálidos bien definidos, influenciados por vientos alisios o por vientos subtropicales variables. Los inviernos se presentan lluviosos debido a la acción del frente polar (NOVOA et al., 1989).

De acuerdo a la clasificación climática de Köepen, Quillota está dentro de la categoría Csb1, que corresponde

a clima templado cálido con estación seca prolongada (7 a 8 meses), con temperatura media anual superior a 10°C por más de cuatro meses (MARTINEZ, 1981).

El régimen térmico de esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 15,3°C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 27°C y una mínima media en el mes más frío (julio) de 5,5°C (NOVOA et al., 1989). El período de heladas está concentrado en los meses invernales y la ocurrencia de ellas es escasa y de corta duración (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1966). La suma anual de temperaturas base 5°C es de 3700 grados día y con base 10°C, 1900 grados día (NOVOA et al., 1989).

En la zona de Quillota se registran temperaturas inferiores a 0°C durante los meses de invierno. Estos sucesos son de corta duración, lo que posibilita el cultivo de especies frutales y hortícolas susceptibles a daños por bajas temperaturas (MARTINEZ, 1981).

Debido a la escasa pluviometría en los meses de abril, septiembre y octubre y a la carencia de ésta desde noviembre a marzo, existe un período de sequía de 8 meses (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1966).

La humedad relativa de la zona es más bien alta, siendo uniforme a lo largo del año (entre 67 y 83%), presentándose en forma más alta en los meses de invierno

(83%) y durante las primeras horas de la mañana (MARTINEZ, 1981).

3.2.2. Suelo.

El suelo de la Estación Experimental "La Palma" pertenece a la serie La Palma, cuyo signo cartográfico es M, según estudio agrológico realizado por el Departamento de Conservación de Suelos y Aguas del Ministerio de Agricultura en 1966 (MARTINEZ, 1981)(Anexo 1).

El suelo es sedimentario, profundo, de origen coluvial, formado a partir de sedimentos graníticos de la formación granítica de los cerros ubicados al este del predio. De textura superficial franca arcillosa, de color pardo y de textura arcillosa de color pardo rojizo oscuro en profundidad. El substratum está constituido por gravas y piedras con material intersticial que le otorga una permeabilidad moderada y buen drenaje. La topografía es plana, en posición de plano inclinado y microrrelieve ligeramente acentuado. Se clasifica en Clase II de Capacidad de Uso (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1966).

3.2.3. Agua.

La Estación Experimental posee derechos sobre el canal Ovalle, el cual es abastecido por el río Aconcagua. Este, de régimen típicamente nival, durante el invierno recibe en la primera zona (Los Andes-San Felipe), las precipitaciones fundamentalmente en forma de nieve, las cuales escurren principalmente en la primavera, cuando aumenta la temperatura. El agua de riego no presenta peligro de sodificación ni de cloruros que signifiquen limitación en su uso (MARTINEZ, 1981) (Anexo 2).

3.3. Material Experimental:

3.3.1. Caracterización de los árboles.

En el ensayo se utilizarón paltos (Persea americana Mill.) cultivar Hass, plantados a una distancia de 10 m entre hilera y 10 m sobre hilera, homogéneos según tamaño, vigor y sanidad, teniendo en cuenta que la homogeneidad es un aspecto relativo debido a la variabilidad que confiere el uso de un portainjerto de tipo franco. De aquellos que presentaban similar vigor y tamaño, así como buena sanidad y carga, se seleccionaron tres árboles en el sector 16 de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía regados por microaspersión, con dos

microaspersores por árbol con gasto aforado de 36 l/h y otros tres árboles en el sector del Fundo "La Palma" regados por goteo, con 14 goteros por árbol en dos líneas de siete unidades cada una, con gasto aforado de 3,6 l/h.

3.4. Metodología de trabajo:

El estudio busca evaluar el efecto sobre el crecimiento y distribución de raíces a través del uso de dos sistemas de riego presurizado (goteo y microaspersión) aplicados a paltos (Persea americana Mill.) cv. Hass en alta producción.

3.4.1. Determinación del patrón de uso y consumo del agua.

A modo de entregar resultados más específicos de la forma como el árbol obtiene el agua desde el suelo, se determinó el patrón de distribución uso consumo mediante la utilización de un tensiómetro de lectura instantánea, de manera de relacionar los cambios de tensión del agua en el suelo con la absorción realizada por las raíces absorbentes. Las mediciones se realizaron un día después del riego y un día antes del siguiente. La metodología de la medición fue a través de la confección de una red de puntos ubicados cada 0.5 m en

una distancia de 20 m que comprende un total de tres árboles y cuatro microaspersores (Figura 6). Para el caso del sistema de riego por goteo, se procedió de igual manera pero la red de puntos comprendió una distancia en sentido norte-sur de 7 m que va paralela a la línea de riego, y otra red de puntos de 7 m de longitud que va en el sentido perpendicular a la línea de riego (Figura 7). Estas mediciones se efectuaron en ambos sectores a una profundidad de 30 y 60 cm, respectivamente.

3.4.2. Determinación de la descarga del microaspersor.

Para el caso del sistema de riego por microaspersión, se midió la precipitación real de cada uno de los microaspersores, en puntos ubicados a 0.5 m desde el tronco. Para la medición se utilizaron vasos de boca ancha de modo de abacar la mayor superficie posible y así poder captar el máximo de precipitación. El tiempo que duró la labor comprendió el tiempo que involucra efectuar un riego normal del huerto.

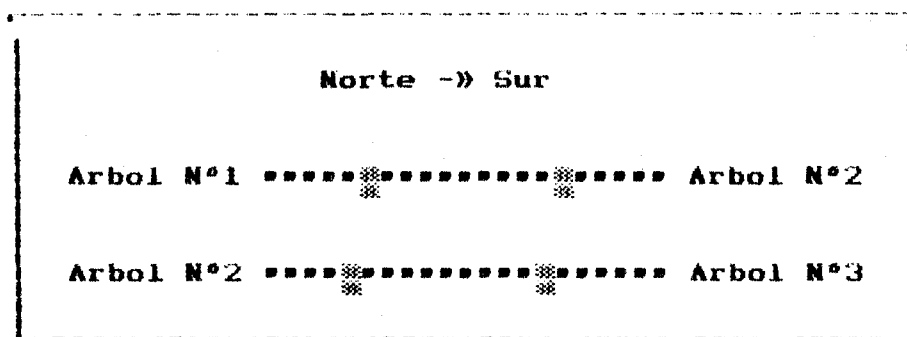


FIGURA 6: Diagrama que muestra la distribución de los puntos en que fueron medidas las tensiones para el sector regado por microaspersión donde  corresponde al microaspersor y  corresponde a cada punto de medición cada 0,5 m.

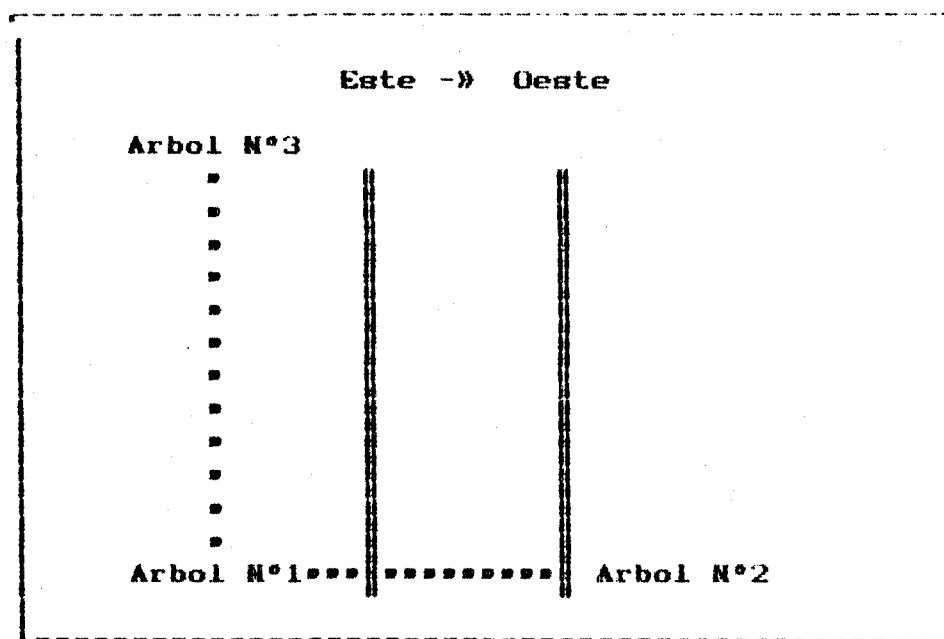


FIGURA 7: Diagrama que muestra la distribución de puntos en que fueron medidas las tensiones para el sector regado por goteo donde || corresponde a la línea de goteo y • corresponde a los puntos de medición cada 0,5 m.

3.4.3. Descripción y evaluación del crecimiento de raíces.

A modo de poder interpretar el desarrollo radicular en función al sistema de riego utilizado, como también con la distribución del agua en el perfil en la sección de influencia de los emisores, se realizó una prospección de raíces. Se realizó a través de la confección de una zanja (Figura 8 y Figura 9) que abarcó la mayor superficie de suelo en que supuestamente deberíamos encontrar raíces, cuyas medidas fueron de 60 cm de profundidad, 40 cm de ancho y un largo de 3,5 a 4 m desde el tronco.

La cuantificación se realizó a través de una cuadrícula de 500 cm² (Figura 8) de la que se evaluaron el 10% de los sectores los que fueron elegidos en cada punto de medición a través del uso de una tabla de números aleatorios a fin de no tener influencia en la elección de los puntos de medición. En cada cm² se contó el número de raíces de diámetro inferior a 2 mm (ADATO y LEVINSON, 1991) para finalmente calcular un promedio de los 50 cm² por cuadrante de la medición en cada una de las estratas.



FIGURA 8. Fotografía que muestra la cuadrícula utilizada para la cuantificación de raíces absorbentes y su manera de ubicarla en el perfil del suelo.

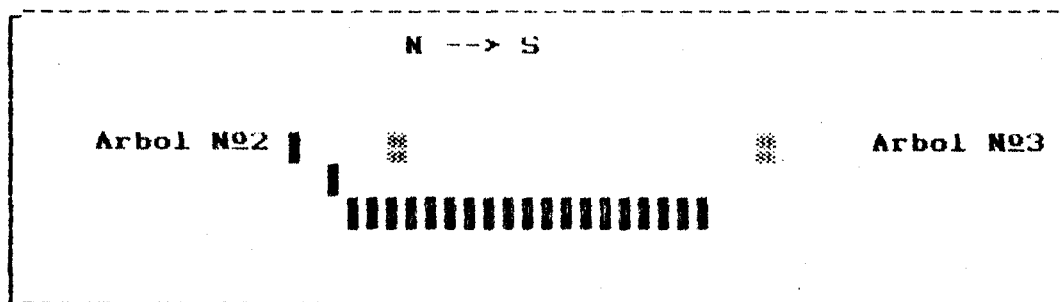


FIGURA 9. Diagrama que muestra la orientación de la zanja confeccionada en el huerto regado por microaspersión para analizar el desarrollo de raíces donde  corresponde al microaspersor y  a la zanja.

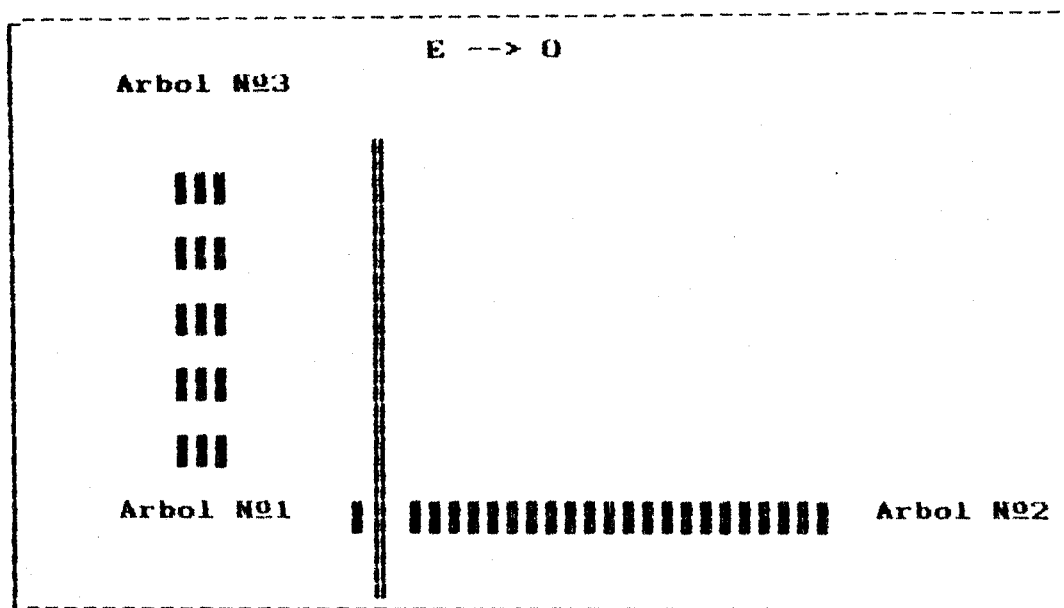


FIGURA 10. Diagrama que muestra la orientación de las zanjias realizadas en el huerto regado por goteo para la prospección de raíces, donde  corresponde a la línea de goteo y  corresponde a las zanjias.

3.4.4. Obtención de registros.

3.4.4.1. Registros del riego.

Los registros de las frecuencias y los tiempos de riego se obtuvieron de los datos acumulados en los dos cuarteles, uno perteneciente a la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía y el otro al Fundo "La Palma" perteneciente a la Universidad Católica de Valparaíso entre enero de 1993 y diciembre de 1993 (Anexo 8 y Anexo 9).

La programación de los riegos fue realizada en base al uso de una batería de tensiómetros, establecidos a 30 y a 60 cm de profundidad para ambos predios.

Los dos huertos estudiados disponen de distintos emisores. El de la Estación Experimental presenta microaspersores con un gasto aforado de 36 l/hr y 6.2 m de diámetro de mojado, siendo dos emisores por planta. El cuartel ubicado en el fundo, presenta riego por goteo, siendo 14 goteros con gasto aforado de 3,6 l/hr en dos líneas ubicadas a 1.5 m desde el tronco, y los goteros a 1 m sobre la línea uno del otro.

El riego en el huerto regado por microaspersión se efectúa cuando el tensiómetro de 30 cm marca 25 cb y el tiempo que dura esta labor está determinada en función a las

mediciones de la evaporación de bandeja acumuladas durante los siete días anteriores medidas en la Estación Meteorológica de la Facultad de Agronomía considerándose un Kc que se resume en el Anexo 8.

Para el huerto regado por goteo, no se utilizan los datos de evaporación de bandeja, como tampoco los Kc. Por lo tanto, se riega día por medio por un tiempo aproximado de 7.5 horas.

3.4.4.2. Registros climatológicos.

Se obtuvieron los datos de evaporación de bandeja Clase A, la pluviometría y las temperaturas máximas y mínimas a partir del mes de enero de 1993 hasta diciembre de 1993 (Anexo 3).

3.4.4.3. Registros de ciclo fenológico.

Los registros de ciclo fenológico del palto para la zona de Quillota se obtuvieron de las mediciones del crecimiento vegetativo, radicular y desarrollo reproductivo realizadas por HERNANDEZ (1991) y TELLO (1990). Además, se utilizó como referencia, el ciclo fenológico propuesto por WHILEY (1988) en la zona de Queensland, Australia.

3.4.4.4. Caracterización del suelo del huerto de paltos.

Los dos cuarteles de los cuales se obtuvieron los registros de riego están ubicados en un suelo depositacional de origen coluvial. Ambos presentan una pendiente que oscila entre el 2 a 2.5%, aproximadamente. Mediante calicatas ubicadas en cada uno de los cuarteles, equidistantes a los emisores, a las baterías de tensiómetros y al tronco de los árboles, se realizó la descripción del perfil en profundidad (Anexo 4 y Anexo 5).

3.4.4.5. Determinación de la densidad aparente y confección de la curva característica de humedad.

Se determinó la densidad aparente en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso para lo cual se extrajo una muestra de suelo con barreno de tarro de la primera y segunda estrata del suelo de la Estación Experimental y de la primera estrata para el suelo del fundo "La Palma" las cuales se pesaron y secaron en un horno a 105°C por 48 horas. No se analizó la segunda estrata en el huerto regado por goteo ya que existe una excesiva cantidad de piedras de gran tamaño (Anexo 5) que impide extraer un

volumen mínimo de suelo necesario para el análisis.

Se determinó la curva característica de humedad para cada una de las muestras a diferentes tensiones que se obtuvieron a través del uso del tensiómetro de lectura instantánea.

4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Análisis de los registros climatológicos:

De los registros climatológicos, los de mayor relevancia corresponden a los de las temperaturas máximas y mínimas registradas durante el periodo desde fines de otoño a inicios de primavera. Su importancia está referida a la alta sensibilidad de esta especie subtropical a las bajas temperaturas.

Durante este periodo, se registraron temperaturas inferiores a los 0°C, durante los meses de julio y agosto (Anexo 3) las que se tradujeron en daños severos sobre el crecimiento vegetativo de los palto cv. Hass. Dado que el estudio comprendió el análisis de dos sistemas de riego implementados en dos huertos diferentes, cabe señalar que a pesar de encontrarse ambos en una zona de piedmont y sobre un suelo franco arenoso, los daños por heladas se observaron con mayor intensidad en el huerto regado por microaspersión.

Por otra parte, las temperaturas toman gran importancia durante el periodo de floración en la primavera, principalmente para que se verifique el fenómeno de dicogamia. Al respecto ZAMET (1991) indica que durante la

floración y cuaja, periodos de cinco a seis días con temperaturas mínimas de 10°C o mayores a 45°C los niveles de producción son bajos. De los registros de temperatura, se desprende que durante octubre y noviembre de 1993, las temperaturas mínimas no fueron inferiores a 3°C ni superiores a 33,6°C. Las temperaturas mínimas promedio en octubre y noviembre fueron de 7,27 y 7,42°C. En el rango de ocurrencia, BOZZOLO (1993) señala que al correlacionar las temperaturas mínimas durante el periodo de floración efectiva con las producciones para cada temporada en la zona de Quillota, V Región, no hay asociación lineal. Al respecto, en un estudio visual de la condición de los árboles durante el periodo de floración y luego en la primera etapa de crecimiento de frutos para la primavera de 1993, se observa una errática carga frutal en el huerto regado por microaspersión.

HERNANDEZ (1991) sostiene que aunque las condiciones necesarias para el que el funcionamiento del mecanismo de dicogamia no estén presentes, la producción bajo las condiciones climáticas de la zona de Quillota debería estar asegurada.

De lo observado, se desprende que la errática floración sería un efecto más relacionado con la pérdida de brotes vegetativos por acción de las heladas invernales que por causa de las temperaturas mínimas en octubre y

noviembre. Al respecto cabe recordar que la floración en paltos es terminal en el último "flash" vegetativo de la temporada (SCHOLEFIELD, 1982).

4.2. Análisis del riego:

El riego, busca satisfacer las demandas evapotranspirativas, que dependen de las condiciones ambientales y de las necesidades de uso de las plantas (SALGADO, 1991). Al respecto, WHILEY, CHAPMAN y SARANAH (1988) indican que con un aumento progresivo de las temperaturas del suelo al avanzar la primavera y al efecto ejercido por la brotación y floración sobre la activación del sistema radicular, se produce un aumento en la capacidad de absorción de agua. Más adelante, al final de la temporada cuando las temperaturas del suelo disminuyen por debajo de los 18°C, el crecimiento de las raíces se reduce progresivamente al igual que los brotes y los frutos, disminuyendo las demandas por agua hasta la siguiente temporada.

Al comparar los valores de las láminas mensuales aplicadas en ambos huertos, las mayores corresponden al riego por goteo. En ambos huertos, la disminución de las demandas hídricas ocurren en el periodo en que comienza

el crecimiento acelerado de los frutos descrito por TELLO (1990) (Figura 3), momento en que se produce la senescencia y caída de hojas viejas (GARDIAZABAL, 1992* y BOZZOLO, 1993). Estos acontecimientos ocurren luego de un período de gran actividad en el que se produce la traslocación de las reservas de nutrientes hacia los frutos y brotes en crecimiento. Al mismo tiempo con la caída de frutos se produce el ajuste en los niveles de producción de la temporada (WHILEY, 1990a y WHILEY, 1990b).

BOZZOLO (1993) señala que al relacionar las láminas de riego aplicadas cada año con sus respectivas producciones, no se obtiene una asociación lineal en ninguno de los cuarteles analizados. Por otro lado, la incidencia de producciones bianuales fue muy marcada en cada uno de ellos a excepción de uno en que durante las dos últimas temporadas este fenómeno no se presentó. Esto pudo ser consecuencia de la recolección temprana de los frutos antes del período de crecimiento acelerado. Al respecto, WHILEY, RASMUNSEN y SARANAH (1991) al igual que SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985) coinciden en que cosechar en forma tardía aumenta la incidencia del "añerismo".

(*) GARDIAZABAL, F. 1992. Ing. Agrónomo. Profesor Cátedra de Frutales de Hoja Persistente, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile. Comunicación Personal.

WHILEY (1990b) al igual que LOVATT (1990) coinciden en que la senescencia acelerada de las hojas se debería a un mecanismo compensatorio desencadenado temprano en la primavera, durante el período de floración y cuaja, que reduce la competencia por agua y nutrientes con los frutos. Indirectamente, la defoliación natural permitiría una mayor insolación del suelo, aumentando la temperatura a nivel de las raíces superficiales de forma de aumentar su actividad de crecimiento y capacidad de absorción de agua. Sin embargo, la ausencia de hojas maduras puede disminuir el peso promedio de los frutos, reduciendo sustancialmente las cosechas (WHILEY, 1990b).

En cuanto al riego, la lámina aportada para el huerto de la Estación Experimental regado por microaspersión fue de 599,58 mm. BOZZOLO (1993) señala que láminas de 530 a 557 mm asegurarían niveles óptimos de producción, siempre y cuando se coseche temprano en la temporada para evitar el desprendimiento de fruta provocado por la competencia.

LAHAV y KALMAR (1983) y KURTZ, GUIL y KLEIN (1991) en Israel y GUSTAFSON, MARSH y DAVIES (1979) en California, encontraron que altas producciones se asocian a riegos abundantes (538 a 828 mm por temporada) dependiendo del tipo de suelo y de los niveles de pluviometría y evaporación de bandeja para cada zona en particular.

En el caso del goteo, la lámina aportada fue de 842,3 mm. Es importante señalar esta diferencia en cuanto a la lámina aportada a cada huerto, ya que ambos son de características similares en cuanto a suelo, altitud y que están menos de 2 km de distancia. Además, el estudio consideró a árboles de características equivalentes en cuanto a vigor, estado sanitario y productividad. Al respecto, ADATO y LEVINSON (1991) señalan que al comparar el desarrollo de los árboles sometidos a dos láminas con riego por goteo de 894 y 1229 mm y a una aplicada con microaspersión de 1239 mm, los mejores resultados se lograron para el primer tratamiento con 894 mm al cabo de un período de cuatro años. En este tratamiento, se observó un 25% más de crecimiento del diámetro del tronco, un 47% más de frutos cosechados, un 28% más de raíces entre los 0 - 60 cm de profundidad de suelo y un 30% menos en gasto de fertilizantes comparado con el sistema de microaspersión, lo que explica las diferencias en el estado de desarrollo de los árboles entre los regados por goteo y aquellos por microaspersión. Por otra parte, LOVATT (1991) obtuvo entre cuatro tratamientos de riego por goteo efectuados en Málaga (España) que la mayor producción se lograba con una lámina de 797,5 mm.

A modo de explicar estas diferencias en las láminas

aplicadas, se ve que al comparar la granulometría (Anexo 6 y Anexo 7) se aprecia que el suelo de la Estación Experimental (Anexo 4) presenta en la primera estrata un mayor contenido de arcilla como también una mayor densidad aparente, lo que se traduce en una mayor capacidad retentiva de agua en comparación con el suelo del fundo "La Palma". Además, este suelo a los 45 cm comienza a presentar una abundante cantidad de piedras de gran tamaño (Anexo 5) entre las cuales encontramos una matriz de suelo franco arenoso. De esta forma, dado el gran tamaño de los canulículos formados, el agua presenta una rápida infiltración a napas profundas lo que hace que la capacidad retentiva sea menor y por lo tanto se determine el realizar riegos más frecuentes. El efecto de la textura en la retención de humedad puede observarse en las respectivas curvas características de humedad en que a iguales tensiones el huerto de la Estación Experimental es el que almacena una mayor cantidad de agua (Figura 11 y Figura 12). La mayor capacidad de retención de humedad disminuye la frecuencia de los riegos y por ende, la evapotranspiración diaria según lo expresado por LAHAV y KALMAR (1976) en Israel.

4.3. Análisis del tipo de suelo:

En cuanto al suelo de la Estación Experimental, se deben

hacer varias consideraciones en cuanto a la capacidad retentiva del agua, expresadas en una curva característica de humedad (Figura 11 y Figura 12) y el análisis físico (densidad aparente y granulometría) (Anexo 6 y Anexo 7) que íntimamente se relaciona con el arraigamiento y el sistema de riego utilizado.

Para el suelo de la Estación Experimental (Anexo 4), la primera estrata, que va desde los 0 - 30 cm, presenta una densidad aparente de 2,08 g/cc, valor superior al promedio asignado a los suelos pertenecientes a la serie "La Palma" (Anexo 1) que es de 1,78 g/cc. Esto se explicaría por el mayor contenido de arcilla y limo y por el menor contenido de arena que la estrata ubicada entre los 30 y 60 cm. Esta situación explicaría esta mayor Densidad Aparente, la que justifica la mayor capacidad retentiva de humedad la que se traduce a su vez en una condición de sobresaturación que no permite la suficiente aireación necesaria para el desarrollo de raíces absorbentes. Esta situación queda de manifiesto al momento de realizar un rancho desde el tronco hacia la entrehilera (Figura 9) donde hay ausencia absoluta de raíces bajo la canopia del árbol a partir de 50 cm del tronco hasta 3,5 m desde dicho punto donde nuevamente comienzan a observarse raíces absorbentes en forma intermitente. Si observamos la curva característica de humedad (Figura 11), podemos justificar

la lenta disminución del porcentaje de humedad en la presencia de un mayor contenido de arcilla y materia orgánica. Es importante clarificar que la curva es representativa para un tipo de suelo y que no refleja la situación particular observada en el punto alejado de la canopia del árbol, donde la presencia del "mulch" de hojas aumenta el contenido de materia orgánica.

Con respecto a la estrata que va desde los 30 - 60 cm de profundidad, se observa una disminución en los contenidos de materia orgánica. Además, el contenido de arena es un 10% superior y el de arcilla un 4 % inferior a lo encontrado en la primera estrata, lo que explica la menor densidad aparente. Esto se traduce en una capacidad de poder movilizar más fácilmente el agua y por tanto, un intercambio gaseoso más efectivo, situación que queda de manifiesto al observar la curva característica de humedad (Figura 12). Esa mayor capacidad de aireación explicaría la aparición de algunas raíces a una distancia de 2,07 m desde el tronco y a partir de los 3,84 m de preferencia en la estrata situada entre los 40 a 60 cm (LEVINSON y ADATO, 1991).

En relación al suelo del fundo "La Palma" podemos diferenciar dos estratas muy marcadas (Anexo 5), la primera que va desde los 0 a 25 cm y que constituye la capa arable y otra desde los 25 a 45 cm donde se aprecia

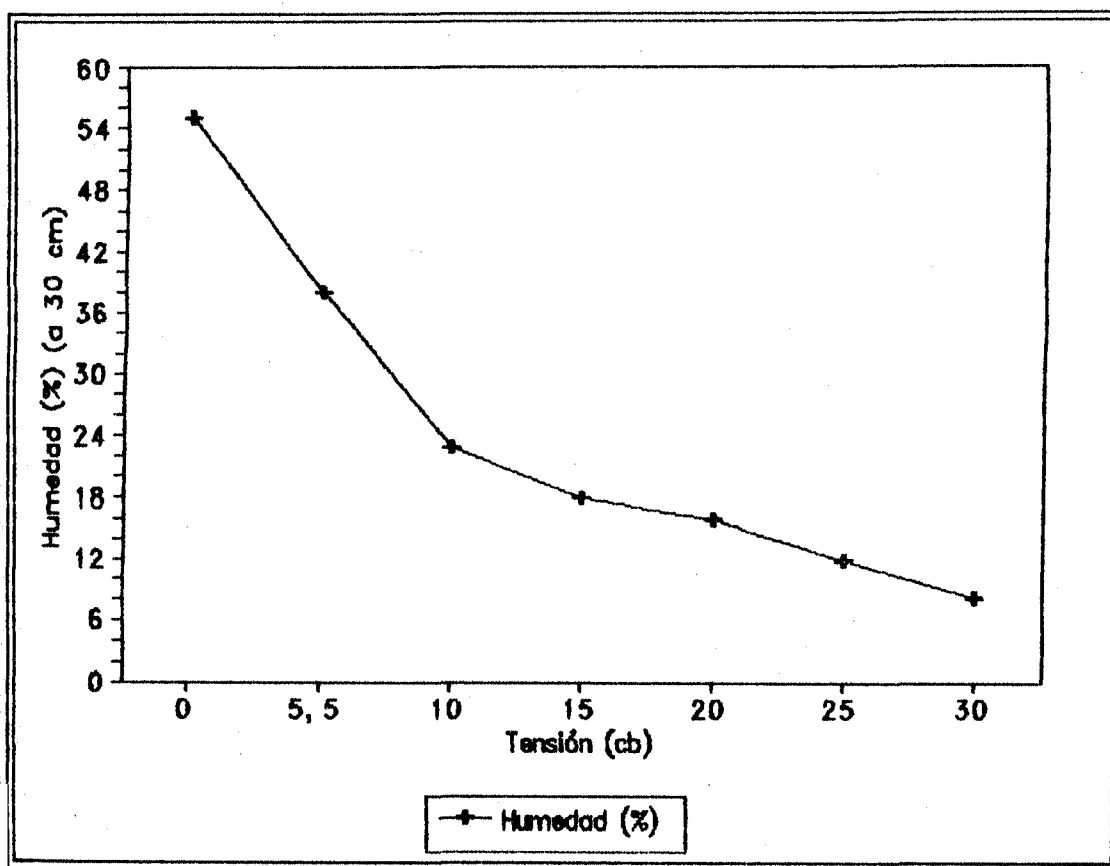


FIGURA 11. Curva característica de humedad para la estrata de 0 - 30 cm perteneciente al huerto de la Estación Experimental de la Universidad Católica de Valparaíso.

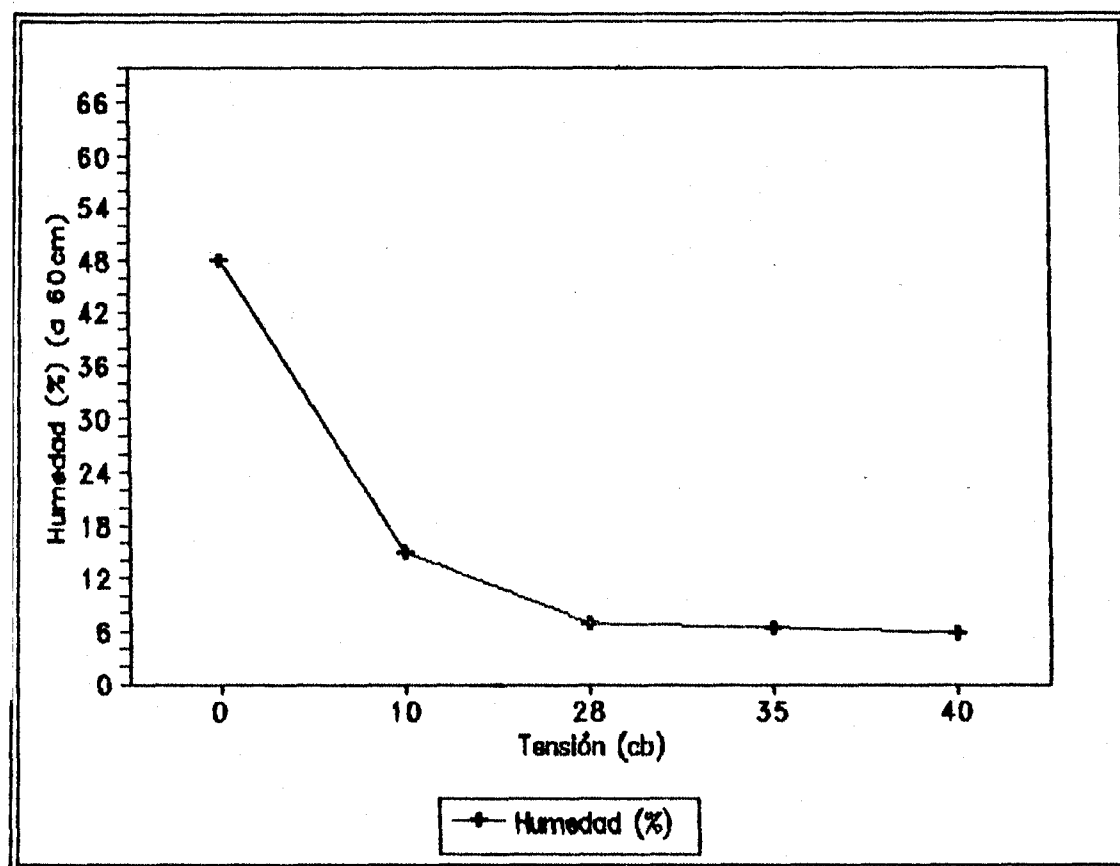


FIGURA 12. Curva característica de humedad para la estrata de 0 - 60 cm perteneciente al huerto de Estación Experimental de la Universidad Católica de Valparaíso.

una abundante cantidad de piedras con diámetro superior a los 15 cm y entre ellas una matriz de suelo de textura franco arenosa. El análisis de granulometría (Anexo 7), muestra que el contenido de arena es de 48,5%, el de arcilla de 25,5% y la Densidad Aparente es de 1,69 g/cc. Estos valores explican el comportamiento del agua en el perfil de suelo, situación que se ve reflejada en la curva característica de humedad (Figura 13). De esta forma, este suelo permanece en un constante intercambio gaseoso que lo aleja de la condición de sobresaturación permitiendo el desarrollo de raíces absorbentes en una amplia superficie del perfil (LEVINSON y ADATO, 1991).

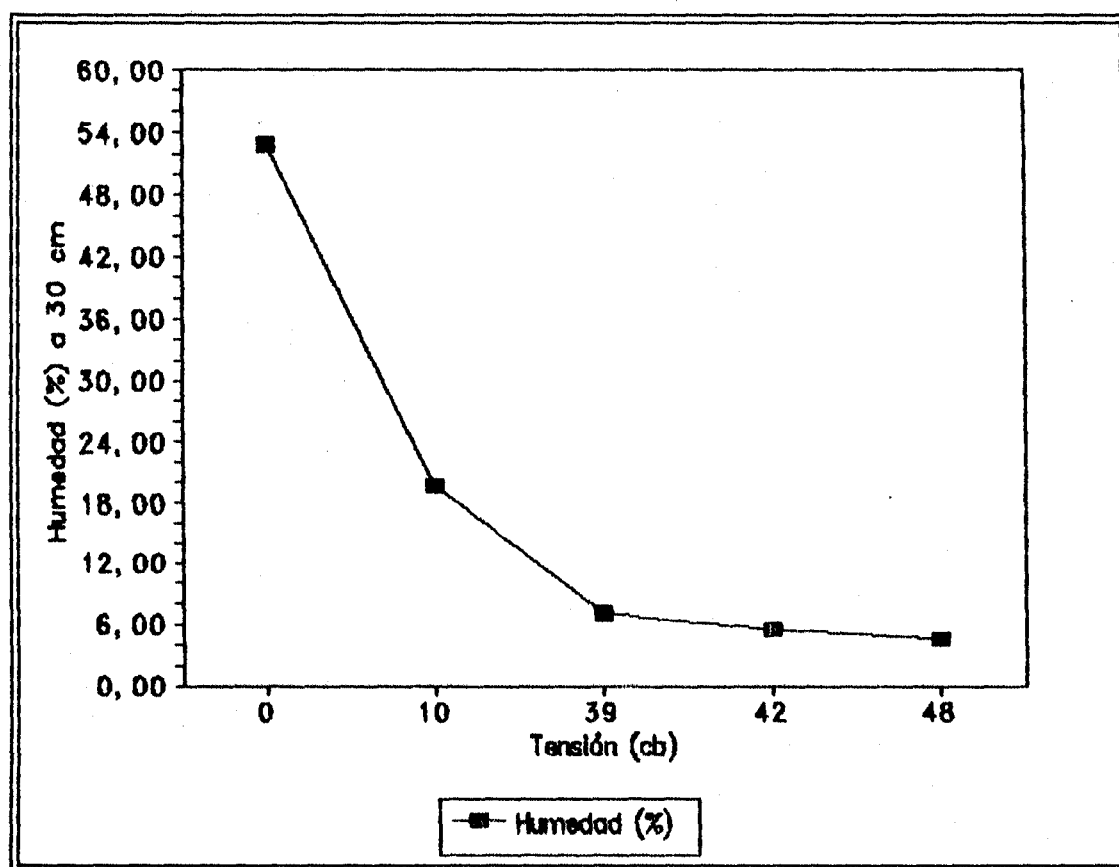


FIGURA 13. Curva característica de humedad para la estrata de 0 - 30 cm para el huerto "La Palma".

4.4. Análisis de los patrones de distribución uso - consumo del agua:

Para el huerto regado por el sistema de microaspersión, los valores entregados por el tensiómetro de lectura instantánea (Cuadro 2 y Cuadro 3), permitieron confeccionar una curva del patrón de uso-consumo del agua en el suelo (Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17), de la que se desprende que existe una variación bastante característica de los contenidos de agua en el suelo entre lo que sucede desde el microaspersor hacia la canopia del árbol y lo que sucede hacia la entre hilera.

Esto permite inferir que las raíces deberían encontrarse hacia afuera de la canopia del árbol, en la zona de la entre hilera dado que en esta zona se producen las mayores fluctuaciones de la tensión, las que fueron medidas un día después y un día antes del riego. Si bien esta zona presenta importantes fluctuaciones por efecto directo de la demanda atmosférica, el otro elemento participante sería la presencia de raíces absorbentes.

Por otro lado, la zona bajo la canopia del árbol y el "mulch" de hojas, presenta a lo largo del intervalo de riego una condición de alta saturación lo que indicaría la ausencia de raíces dado la alta ineficiencia de intercambio gaseoso de esta estrata de suelo. Al respecto,

CUADRO 2. Distribución de la tensión del agua en el suelo medida en el sector regado por microaspersión un día después del riego a dos profundidades (30 y 60 cm).

DISTANCIA (m)	TENSION 30 cm (cb)	TENSION 60 cm (cb)
0	6,5	5,0
0,5	6,0	5,0
1,0	4,0	2,0
1,5	4,0	2,1
2,0	2,5	1,8
2,5	8,0	4,0
3,0	10,0	8,0
3,5	18,0	12,0
4,0	20,0	14,0
4,5	24,0	16,0
5,0	21,0	13,0
5,5	16,0	11,0
6,0	8,0	5,0
6,5	4,4	2,5
7,0	2,0	1,5
7,5	3,5	1,8
8,0	8,0	4,0
8,5	8,0	4,5
9,0	8,0	5,0
9,5	6,0	3,0
10,0	4,0	2,5
10,5	3,5	1,5
11,0	2,0	1,0
11,5	6,0	4,5
12,0	8,0	4,5
12,5	10,0	5,5
13,0	16,0	10,0
13,5	14,0	12,0
14,0	8,0	6,0
14,5	4,0	2,0
15,0	2,0	1,5
15,5	1,5	0,5
16,0	2,0	0,5
16,5	2,5	1,0
17,0	4,0	3,0
17,5	6,0	4,0

CUADRO 3. Distribución de la tensión del agua en el suelo medida en el sector regado por microaspersión un día antes del riego a dos profundidades (30 y 60 cm).

DISTANCIA (m)	TENSION 30 cm (cb)	TENSION 60 cm (cb)
0	9,0	7,0
0,5	7,0	4,0
1,0	8,0	5,0
1,5	6,0	4,0
2,0	5,0	3,0
2,5	19,0	12,0
3,0	28,0	20,0
3,5	30,0	28,0
4,0	32,0	28,0
4,5	35,0	30,0
5,0	32,0	28,0
5,5	23,0	20,0
6,0	18,0	15,0
6,5	12,0	10,0
7,0	10,0	7,0
7,5	9,0	6,0
8,0	7,0	4,0
8,5	8,0	4,0
9,0	10,0	5,0
9,5	8,0	3,5
10,0	7,0	3,0
10,5	6,5	2,0
11,0	5,0	3,0
11,5	4,0	2,0
12,0	5,5	3,0
12,5	7,5	4,0
13,0	10,0	6,0
13,5	16,0	10,0
14,0	20,0	15,0
14,5	22,0	18,0
15,0	18,0	14,0
15,5	18,0	12,0
16,0	15,0	9,0
16,5	12,0	9,0
17,0	11,0	7,0
17,5	8,0	5,0
18,0	6,0	2,0
18,5	8,0	4,0
19,0	10,0	6,0

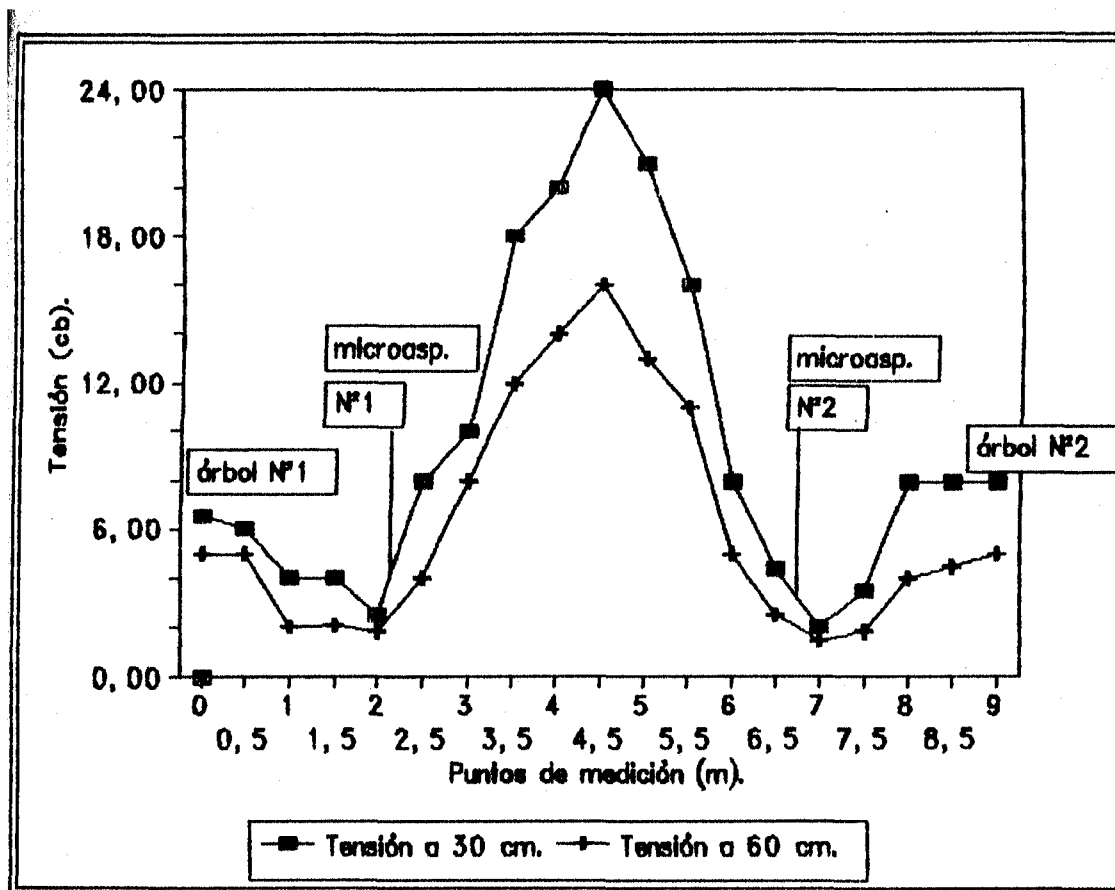


FIGURA 14. Diagrama que muestra la distribución de las tensiones medidas a 30 y 60 cm de profundidad un día después del riego para el huerto regado por microaspersión.

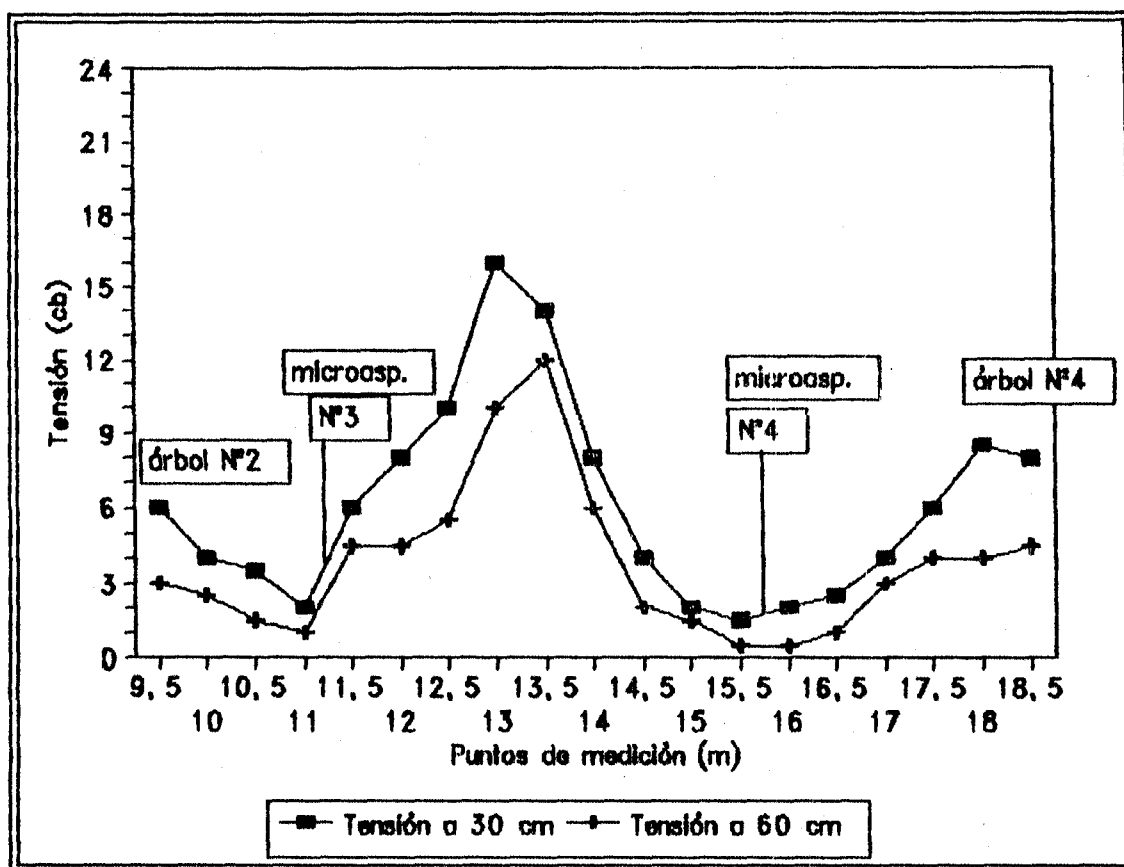


FIGURA 15. Diagrama que muestra la distribución de las tensiones medidas a 30 y 60 cm de profundidad un día después el riego para el huerto regado por microaspersión.

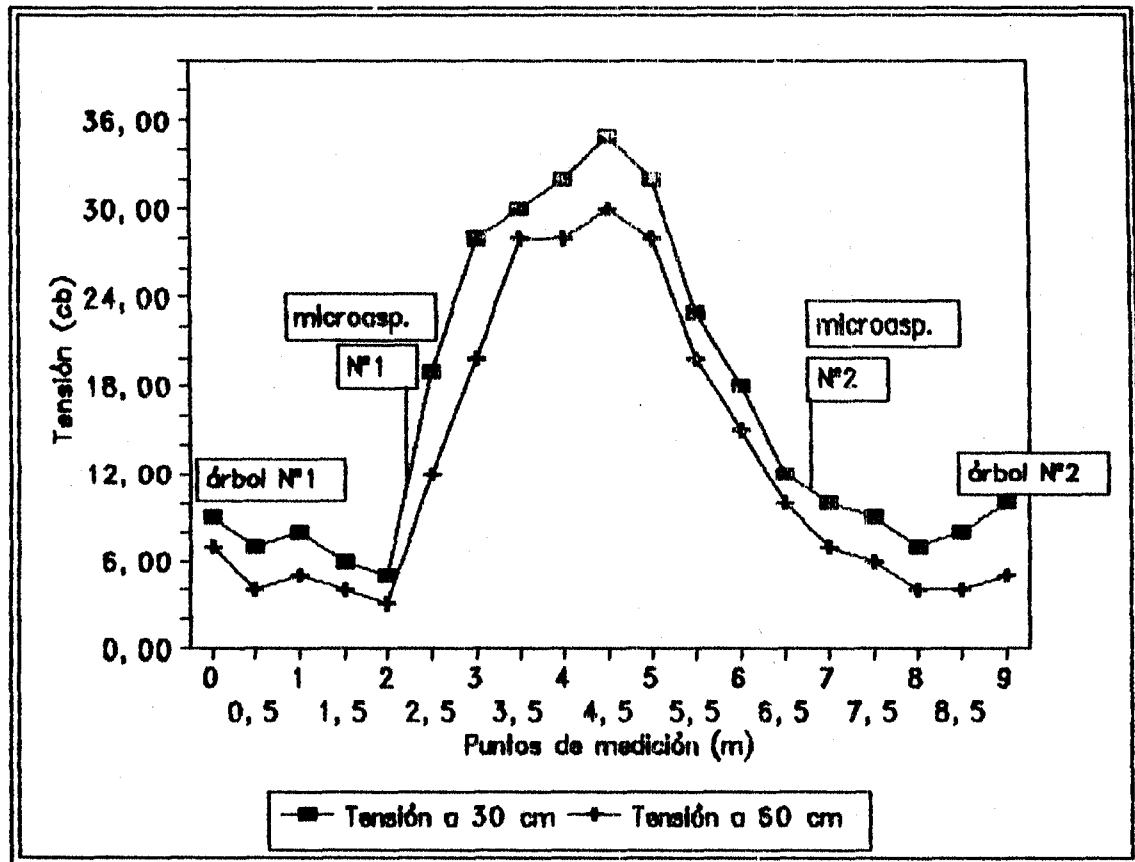


FIGURA 16. Diagrama que muestra la distribución de tensiones a 30 y 60 cm de profundidad medidas un día antes del riego en el huerto regado por microaspersión.

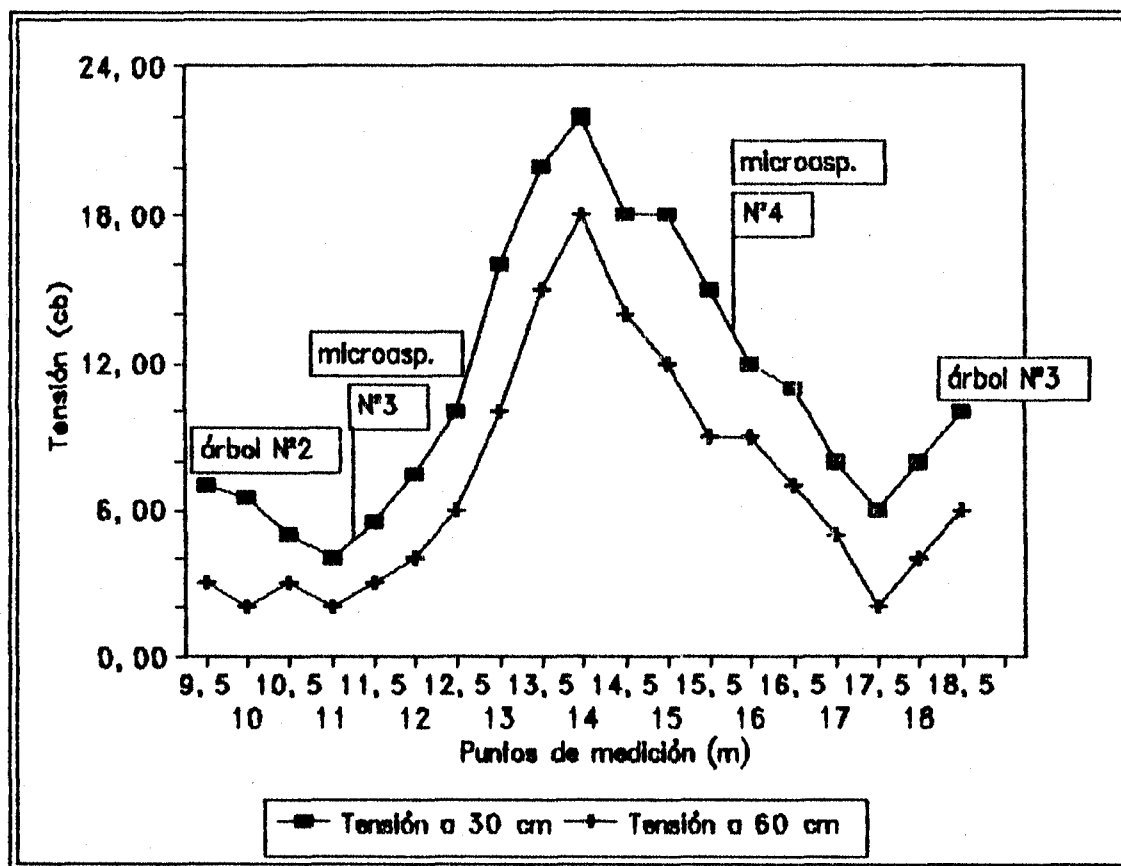


FIGURA 17. Diagrama que muestra la distribución de tensiones a 30 y 60 cm de profundidad medidas un día antes del riego en el huerto regado por microaspersión.

PAT et al. (1990) citado por BOZZOLO (1993) señalan que el desarrollo de raíces es inhibido por una inadecuada aireación del suelo. LAHAV y KALMAR (1977) señalan que después de cuatro años de estar aplicándoles distintos volúmenes de agua a paltos, no hubo efecto sobre la densidad de raíces a pesar de las diferencias considerables en los contenidos de humedad. Esa respuesta se explicaría por la insuficiente aireación del suelo.

Es interesante observar que las fluctuaciones en los contenidos de humedad, son mayores para los microaspersores ubicados en la exposición norte del árbol (Figura 14 y Figura 15) comparado con los valores obtenidos en los microaspersores de exposición sur. En este punto, POST y PECK (1986) afirman que paltos regados por microaspersión necesitan entre un 10 a un 15% menos de agua en la zona de exposición sur dado las menores fluctuaciones en los contenidos de humedad que se presentan. Estos mayores contenidos se explicarían por la presencia de una mayor cubierta de hojas hacia la zona de la entrehilera. Al respecto, MENGE y TURNEY (1993) citados por BOZZOLO (1993) indican la importancia de tener una cubierta de hojas, por cuanto reduce la evaporación, el escurrimiento superficial y la erosión, e incrementa la permeabilidad y la capacidad retentiva del agua en el suelo. Además, favorecería notablemente mantener las temperaturas del suelo evitando fuertes fluctuaciones y

favoreciendo el crecimiento de raíces.

Con respecto a los valores registrados en el uso-consumo del agua en el riego por goteo (Cuadro 4 y Cuadro 5),

CUADRO 4. Distribución de las tensiones del agua en el suelo medidas en el huerto regado por goteo un día después del riego a dos profundidades (30 y 60 cm) en sentido paralelo a la línea de goteros.

DISTANCIA (m)	TENSION 30 cm (cb)	TENSION 60 cm (cb)
0	6,0	4,0
0,5	10,0	5,0
1,0	8,0	3,0
1,5	6,0	2,5
2,0	7,0	3,5
2,5	9,0	5,0
3,0	15,0	12,0
3,5	17,0	13,0
4,0	22,0	15,0
4,5	30,0	22,0
5,0	27,0	20,0
5,5	23,0	17,0

CUADRO 5. Distribución de la tensión del agua en el suelo medida en el huerto regado por goteo un día después del riego a dos profundidades (30 y 60 cm) en sentido perpendicular a la línea de goteo.

DISTANCIA (m)	TENSION 30 cm (cb)	TENSION 60 cm (cb)
0	8,0	6,0
0,5	6,0	3,5
1,0	4,0	2,5
1,5	9,0	4,0
2,0	13,0	6,5
2,5	16,0	8,5
3,0	22,0	15,0
3,5	24,0	18,0
4,0	20,0	16,0
4,5	17,0	13,0
5,0	13,0	9,0
5,5	11,5	7,5

se desprende de las curvas confeccionadas (Figura 18 y Figura 19) que los contenidos de agua se mantienen constantes a lo largo de la línea de goteros, en la zona que se ubica bajo el "mulch" de hojas y la canopia del árbol. Luego, esos contenidos disminuyen bastante al llegar a la zona de la entrehilera. De esto se puede inferir que las raíces se encontrarían a lo largo de toda la línea de goteo y bajo toda la superficie comprendida por la cubierta de hojas. Podría pensarse que por los contenidos constantes de agua a lo largo de la línea, el consumo por parte de las raíces sería bajo, lo que haría pensar en una baja densidad radical.

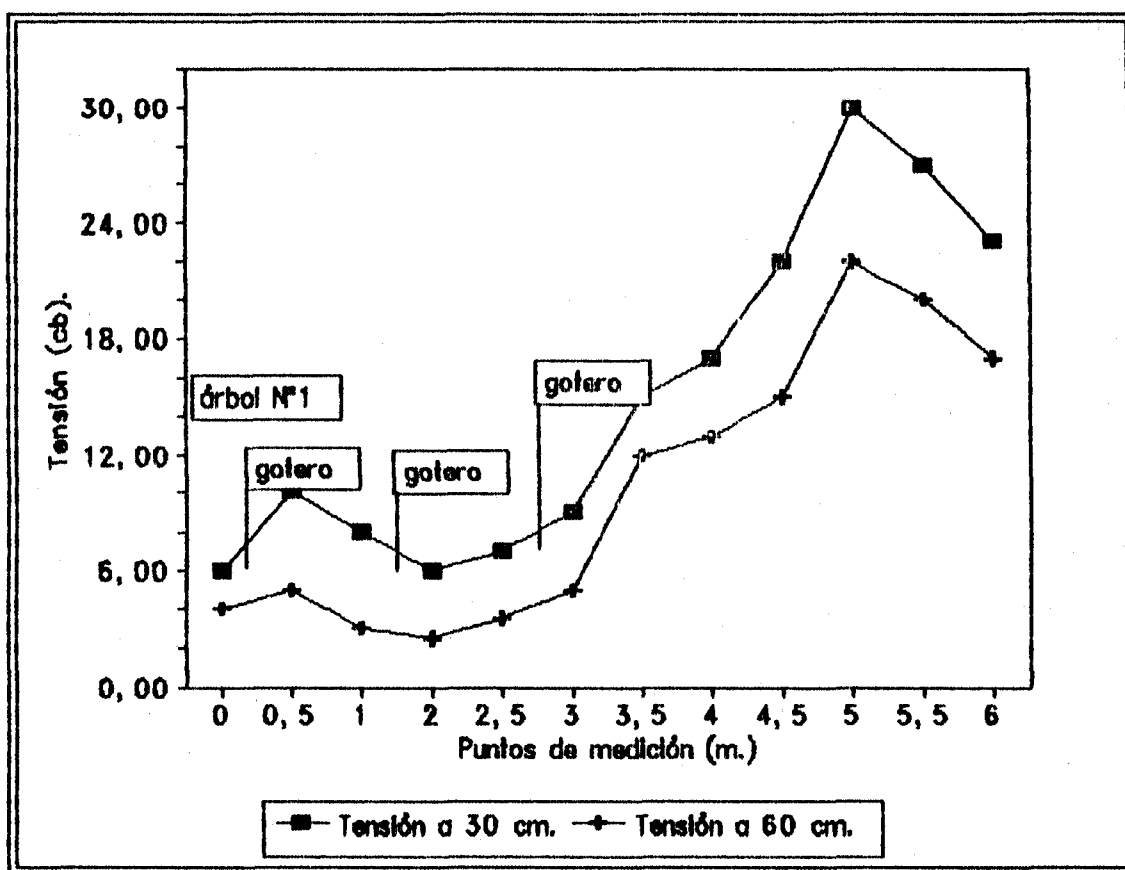


FIGURA 18. Diagrama que muestra la distribución de tensiones a 30 y 60 cm de profundidad medidas en sentido paralelo a la línea de goteo para el huerto regado por goteo.

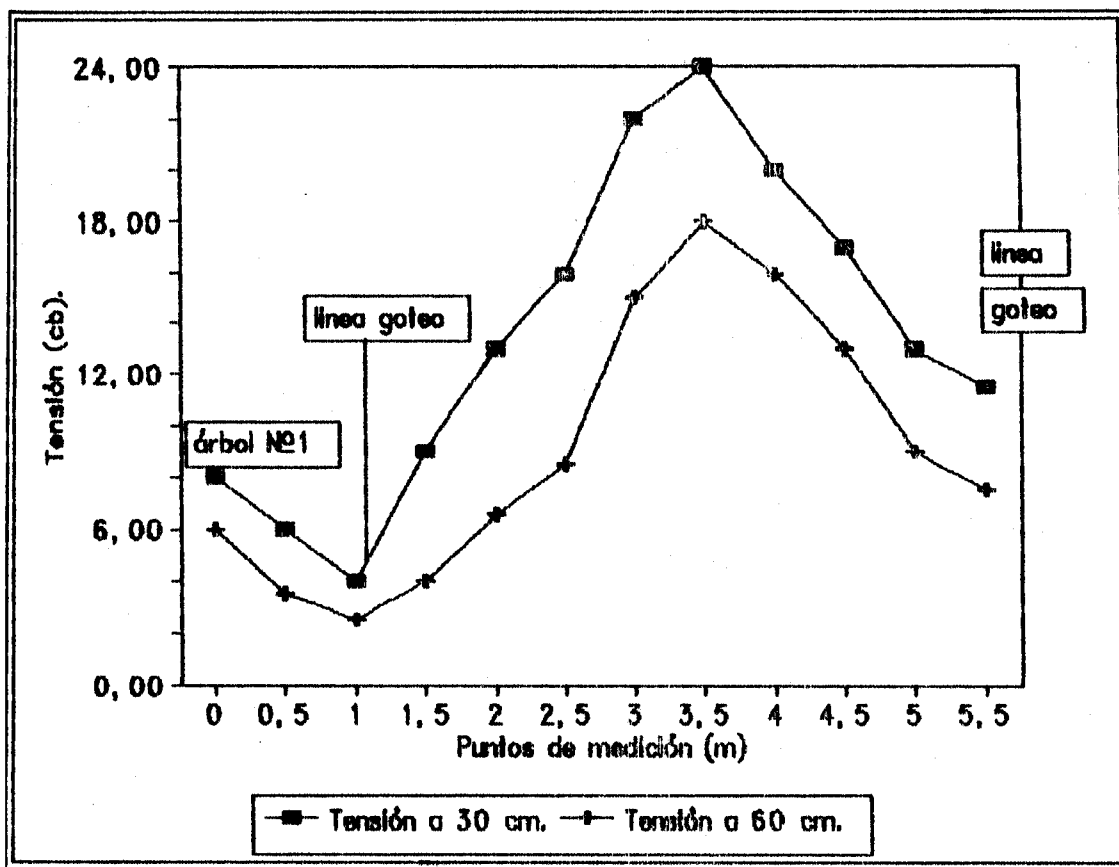


FIGURA 19. Diagrama que muestra la distribución de tensiones a 30 y 60 cm de profundidad medidas en sentido perpendicular a la línea de goteo para el huerto regado por goteo.

Si se analiza la distribución uso-consumo desde la línea en sentido perpendicular a la línea de goteo, los cambios en los contenidos de humedad son más severos, lo que haría suponer que la masa radical se concentraría en dicho sector. RAWLINS (1975) citado por TELLO (1990), señala que en riego por goteo, para satisfacer las demandas transpirativas en un limitado volumen de suelo, el emisor debe entregar altos contenidos de agua en función a la alta conductividad hidráulica y la baja humedad del suelo. En todo caso SPURLING (1991) agrega que en riego por goteo, el área húmeda proporciona agua a los árboles estimulando el crecimiento vegetativo, además de economizar agua y reducir las pérdidas por evaporación en la superficie no mojada. Este limitado volumen de suelo mojado restringiría el crecimiento de raíces haciendo que su densidad sea alta.

4.5. Análisis de la descarga del microaspersor:

A pesar que los microaspersores se encontraban aforados, a fin de arrojar su máximo caudal de 36 l/hr, la descarga medida en cada punto no sigue una constante como debería esperarse (Cuadro 6). Lo que se debería esperar es que desde el emisor la precipitación debe ir decreciendo, situación que se observa claramente en el microaspersor N°4 (Figura 20), siendo la mayor lámina captada en el punto más cercano al emisor y la menor lámina captada en el punto cercano al tronco. Sólo hay un punto que escapa a esta distribución normal, que tendría su justificación en que en dicho lugar se produce el choque de la gota con brotes que se encuentran a baja altura. En algunos casos se produce el escurrimiento de la gota la que cae a la placa aumentando los contenidos de agua.

Por otro lado, a medida que se aleja del árbol, las precipitaciones medidas en puntos equivalentes en la entre hilera y bajo la canopia del árbol, aumentan hacia el lado norte del microaspersor, tal vez por la influencia del viento suroeste proveniente de la costa que se hace sentir en forma muy notoria en la zona de Quillota.

En general, podemos afirmar que la precipitación medida en cada punto, no sigue una lógica, todo esto como respuesta a la interferencia de factores externos tales como la presencia de follaje a 30 cm y menos desde el suelo que interrumpe el movimiento de las gotas evitando que el agua llegue a puntos más alejados. Esta situación se traduce en que puntos del perfil del suelo presentan condiciones de sobresaturación lo que implica ausencia de raíces absorbentes o bien el posible desarrollo de Phytophthora.

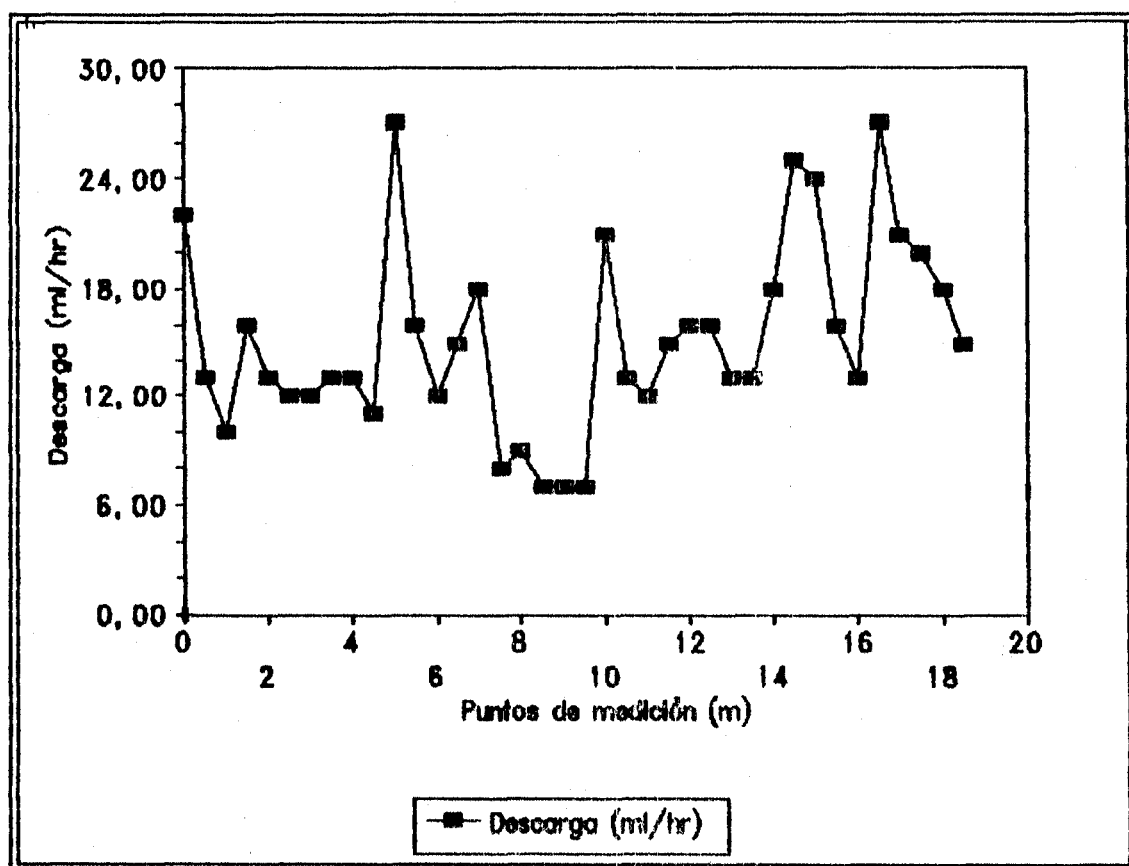


FIGURA 20. Diagrama que muestra la descarga de los microaspersores.

4.6. Análisis del desarrollo de raíces bajo los dos sistemas de riego:

De acuerdo a lo visto en el huerto regado por microaspersión, el desarrollo de las raíces está fuertemente determinado por el volumen de agua aplicada y la distribución de ésta en la superficie del suelo. Si consideramos los resultados de MEYER et al. (1990) en que determinan que hay una correlación positiva entre el largo de las raíces y la cantidad de agua aplicada (120% ETo), además de la proximidad del microaspersor que influye significativamente en la distribución de las raíces, se puede pensar que el usar microaspersores de 36 l/hr con 6,2 m de diámetro de mojado, no favorece el crecimiento de las raíces. Estos autores señalan que habría cuatro veces más raíces en los primeros 20 cm de suelo y que su número aumentaría con mayores volúmenes de agua aplicada para cualquier régimen de riego, situación que es totalmente opuesta a lo observado en el huerto en que a 20, 40 cm y más de profundidad hay ausencia total de raíces bajo la canopia del árbol y el "mulch" de hojas.

Por otro lado, MEYER et al. (1992) señalan que el mayor volumen de raíces se ubicaría a medida que nos aproximamos al microaspersor. Ellos observan que a 75 cm de distancia del microaspersor se ubicaría el mayor

número de raíces, situación bastante diferente a lo observado en el huerto donde las raíces se encuentran alejadas del microaspersor.

Analizando la situación específica del huerto (Cuadro 7) y tomando en cuenta la situación de los patrones de distribución uso-consumo del agua, se esperaría no encontrar raíces en la zona bajo la canopia y el "mulch" de hojas, dado las altas condiciones de saturación que presenta este suelo. Una vez confeccionada la zanja a 40 cm desde el tronco con una longitud de 4,2 m, podemos complementar los supuestos establecidos al analizar las curvas de distribución de las tensiones. Es así que en la estrata que va de 0 a 20 cm se observan raíces de diámetro inferior a 2 mm hasta una distancia desde el tronco de 1,03 m y a 1,85 m del microaspersor con una densidad de 0,16 raicillas por cm^2 . Luego, a mayores distancias, hay ausencia total de raíces hasta una distancia de 3,39 m del tronco (Figura 21).

A 50 cm del tronco se observa una alta concentración de raicillas de diámetro inferior a 2 mm en los 10 primeros centímetros de suelo, alcanzando una densidad de 0,86 raicillas por cm^2 las que van disminuyendo a medida que nos acercamos al microaspersor (Figura 22). Esta situación se explicaría por el menor mojado que sufre dicha



FIGURA 21. Fotografía que muestra la distribución de raíces en el huerto regado por microaspersión.



FIGURA 22. Fotografía que muestra el desarrollo de raíces absorbentes a una distancia de 50 cm del tronco.

zona, ya que es el punto más alejado del microaspersor, lo que se traduce en una menor precipitación en dicho lugar (Figura 20). Esto estaría favoreciendo el intercambio gaseoso con la atmósfera situación que permitiría el desarrollo de raíces.

CUADRO 6. Densidad de raíces medidas en el huerto regado por microaspersión en tres estratas.

DISTANCIA (m desde el tronco)	0-20 cm (No/cm ²)	20-40 cm (No/cm ²)	40-60 cm (No/cm ²)
0,5	0.86	1.018	0
0.77	0.61	0	0
1.03	0.16	0	0
1.3	0.16	0	0
1.57	0.13	0	0
1.84	0.1	0	0
2.07	0	0.35	0
2.34	0	0.4	0
2.61	0	0.61	0
2.88	0	0.62	0
3.12	0	0.58	0
3.39	0	0.73	0
3.66	0.88	0.78	0.85
3.93	0.88	0.8	0.9
4.2	0.85	0.75	0.92

Al respecto, ADATO y LEVINSON (1991) señalan que el crecimiento de raíces es inhibido, probablemente, por la alta cantidad de agua después de varias horas de riego con el sistema de microaspersión y que éstas comenzarían a desarrollarse cuando encuentren la posibilidad de realizar un intercambio gaseoso efectivo.

Otro aspecto a considerar es que en esta zona ausente de

raíces, la presencia del "mulch" de hojas interfiere en el normal flujo del vapor de agua hacia la atmósfera a través del proceso de evaporación. Es así que un día antes del riego, dicha zona presenta una tensión que se mantiene bajo los 8 cb, después de 3,5 días desde el riego anterior. Esto provoca que esta zona mantenga una excesiva humedad que alcanza a la saturación al momento del siguiente riego.

A medida que nos alejamos del "mulch" de hojas y de la canopia del árbol, los contenidos de humedad disminuyen por efecto de la ausencia de una cobertura que permite la acción directa de los rayos solares. De esta forma, nuevamente comienzan a observarse raíces a partir de 3,39 m desde el tronco observándose hasta los 4,2 m y más, llegando a alcanzar una densidad de 0,88 raicillas por cm^2 en la estrata que va de 0 a 20 cm. Este nuevo desarrollo sería una respuesta a la mayor aireación y a la ausencia de saturación del suelo.

Con respecto a lo que sucede con las otras estratas, entre los 20 y 40 cm se observa la mayor densidad de raicillas alcanzando una densidad de 1,018 raicillas por cm^2 a 50 cm desde el tronco. Luego, los valores decrecen hasta desaparecer para nuevamente comenzar a desarrollarse a 2,07 m desde el tronco.

En la estrata que va de los 40 a 60 cm el desarrollo de raíces es abundante a partir de una distancia de 3,66 m desde el tronco. Esto estaría explicado por el mayor porcentaje de humedad en dicha estrata, por el adecuado intercambio gaseoso y por el cambio textural que se presenta a esta profundidad.

Por lo tanto, podríamos afirmar que para este manejo de riego las raíces absorbentes se encuentran principalmente en la zona de la entrehilera a una distancia de 3,66 m desde el tronco y con una mayor densidad en la estrata que va desde los 30 a 60 cm. Al respecto, ABERCROMBIE (1990) al igual que SALAZAR y CORTES (1986) señalan que la mayoría de las raíces finas estarían localizadas entre lo 0 y 60 cm de profundidad. Por otra parte, estos resultados no concordarían con lo expresado por MUNOZ (1988) en que las raíces para el sistema de microaspersión crecerían más superficialmente de acuerdo con la distribución de la pluviometría sobre el suelo.

En relación al desarrollo de raíces en el huerto regado por goteo, hay que señalar que estas presentan una amplia distribución en toda la superficie de suelo cubierta por la canopia del árbol y bajo el "mulch" de hojas (Figura 23). Si bien la capa arable en promedio no supera los 30 cm, más abajo, entre la abundante cantidad de piedras, igual hay desarrollo de raíces absorbentes en la matriz



FIGURA 23. Fotografía que muestra el desarrollo de raíces absorbentes bajo la cubierta de hojas en el huerto regado por goteo.

franco-arenosa que se forma.

Analizando en forma específica cada una de las zanjas observamos que en la confeccionada en el sentido paralelo a la línea de goteo (Cuadro 8), las raicillas

CUADRO 7. Densidad de raíces medida en el huerto regado por goteo en sentido paralelo a la línea de goteros.

DISTANCIA (m desde el tronco)	0-20 cm (No/cm ²)	20-45 cm (No/cm ²)
0.5	0.96	0.85
0.77	0.96	0.81
1.03	0.74	0.85
1.3	0.7	0.91
1.57	0.7	0.91
1.84	0.65	0.80
2.07	0.69	0.79
2.34	0.71	0.65
2.61	0.71	0.73
2.88	0.56	0.73
3.12	0.86	0.71

de diámetro inferior a 2 mm son abundantes a partir de los 45 cm desde el tronco ocupando los 15 cm superiores de la estrata que va de 0 a 20 cm alcanzando una densidad de 0,96 raicillas por cm². En la misma estrata pero alejándonos del tronco cada 25 cm, se siguen observando abundantes raíces las que alcanzan una densidad de 0,9 raicillas por cm². A partir de 1,03 m desde el tronco, las raíces comienzan a aparecer a los 10 cm de profundidad y en los últimos 5 cm de esa estrata con densidades que alcanzan las 0,7 raicillas por cm². A partir de los 2,88 m

desde el tronco, las raíces absorbentes se encuentran de preferencia entre los 8 y 14 cm alcanzando una densidad de 0,56 raicillas por cm^2 .

En la estrata ubicada entre los 20 y 45 cm las raíces se encuentran distribuidas en todo el perfil hasta una distancia de 3,12 m desde el tronco alcanzando una densidad de 0,85 raicillas por cm^2 . A partir de los 3,12 m, la mayor concentración de raíces se observa en los últimos 15 cm de la estrata alcanzando una densidad de 0,73 raicillas por cm^2 (Figura 24).

En cuanto a la distribución de las raíces en sentido perpendicular a la línea de goteo (Cuadro 9), en la primera estrata, éstas se encuentran concentradas en los primeros 10 cm de suelo a 50 cm desde el tronco con una densidad de 0,67 raicillas por cm^2 . A los 77 cm desde el tronco encontramos el gotero, lugar en que las raicillas sólo ocupan los primeros 5 cm de suelo alcanzando una densidad de 0,35 raicillas por cm^2 . Esta situación vuelve a repetirse a 1,04 m desde el tronco para cambiar a 1,31 m donde las raicillas alcanzan una densidad de 1,08 raicillas por cm^2 . Esta situación se mantiene constante hasta llegar a los 3,5 m desde el tronco.



FIGURA 24. Fotografía que muestra la distribución de raíces en la estrata que va de 20 a 45 cm.

CUADRO 8. Densidad de raíces medida en el huerto regado por goteo en sentido perpendicular a la línea de goteo.

DISTANCIA (m desde el tronco)	0-20 cm (No/cm ²)	20-40 cm (No/cm ²)
0.5	0.67	0
0.77	0.35	0
1.03	0.35	0
1.3	1.08	0
1.84	1.075	1.082
2.07	1.1	1.05
2.34	1.05	1.01
2.61	1.08	0.99
2.88	1.05	1.01
3.12	1.07	1.08

En cuanto al desarrollo de raicillas en la estrata 20 a 45 cm, éstas si bien están presentes no son abundantes. A los 77 cm desde el tronco, lugar donde comienza a estar presente el bulbo húmedo formado por el gotero las raicillas están prácticamente ausentes, situación que se vuelve a repetir a 1,31 m desde el tronco (Figura 25). A partir de ese punto comienzan a observarse un alto número de raicillas que crecen entre la abundante matriz pedregosa hasta una distancia de 3,5 m desde el tronco alcanzando una densidad de 1,08 raicillas por cm² (Figura 25).



FIGURA 25. Fotografía que muestra la distribución de raíces en sentido perpendicular a la línea de goteo.

Por lo expresado anteriormente podríamos señalar que la abundante cantidad de raíces absorbentes que se encuentran entre los 10 y 15 cm de suelo serían las responsables de las rápidas fluctuaciones en los contenidos de humedad en la primera estrata de suelo. Al respecto VELLIDIS, SMAJSTALA y ZAZUETA (1990) señalan que en riego por goteo las raíces del cultivo son las responsables del rápido cambio de los potenciales de agua en el suelo.

Por otro lado, la baja densidad de raíces en la zona del bulbo de mojado hace pensar que éstas no se desarrollarían en esa zona a causa de la condición de saturación que presenta el suelo. Además, la ausencia de raicillas en la estrata que va desde los 20 a 45 cm se explicaría por el tipo de bulbo que conforma el agua bajo esas condiciones de textura el cual es alargado, lo que se traduce en que dicha zona esté constantemente con altos contenidos de agua. Al respecto, ADATO y LEVINSON (1991) señalan que al estudiar el desarrollo de raíces en palto, éstas están densamente distribuidas entre los 20 y 50 cm desde el emisor y en muy baja densidad a 10 cm del emisor. En todo caso, esto discrepa de lo observado por MUNOZ (1988) que señala que las raíces estarían concentradas dentro del bulbo de mojado. En este punto, ADATO y LEVINSON (1991) señalan que es realmente significativa la ausencia de raíces a 10 cm del gotero. GUSTAFSON, MARSH y DAVIES (1979) obtuvieron resultados en que sólo en un

suelo muy arenoso habrían posibilidades de encontrar raíces cerca del gotero.

Por lo tanto, todas estas referencias hacen pensar que el desarrollo de raíces absorbentes en el sistema de riego por goteo está remitido a las zonas periféricas del bulbo de mojado, donde las condiciones de humedad de suelo permiten un adecuado intercambio gaseoso. Estas serían las condiciones esenciales necesarias para el desarrollo de raíces absorbentes según lo expresado por ADATO y LEVINSON (1991).

ADATO y LEVINSON (1991), al comparar ambos sistemas de riego, observan que el efecto de la eficiencia se hace notar en forma específica sobre el desarrollo de raíces absorbentes menores a 2 mm de diámetro: en la estrata que va de 0 a 60 cm, las raíces son un 28% más densas en goteo que lo observado en microaspersión, pero con respecto a las raíces absorbentes éstas alcanzan a ser un 52% más densas.

BIELORAI (1977) señala que al comparar los dos sistemas de riego sobre el desarrollo de raíces, en goteo se logra la mayor eficiencia de uso del agua permite el desarrollo de raíces en forma uniforme a través de todo el perfil. Además, la alta frecuencia de aplicación de agua en riego por goteo mejora la habilidad de las raíces para

obtenerla. En cambio, en la microaspersión las raíces se encuentran en las estratas superiores.

Volviendo al tema relacionado con las tensiones de humedad del suelo, OLALLA et al (1992) afirman que los valores de las tensiones son un promedio de la relación suelo-planta. Además, los valores obtenidos al lado del gotero, son generalmente bajos ya que representan al bulbo mojado y lógicamente que en la periferia las tensiones registradas presentan grandes variaciones. Inspecciones realizadas revelaron que el sistema radicular estaba pobremente desarrollado en esta zona periférica, teniendo en cuenta que el suelo correspondía a un suelo pétreo con material interperizado de pizarra. Al comparar las tensiones registradas entre el sistema de riego por goteo y la microaspersión, se observa que las condiciones de mayor estrés hídrico se producen en los tratamientos de riego por microaspersión, siendo las pérdidas de humedad un 16 a 24% superiores a las obtenidas en goteo, lo que se explicaría por la amplia área mojada que se logra, que provoca considerables pérdidas por evaporación. Si bien no hay grandes diferencias en el número de raíces, al compararlo con el tratamiento por goteo, las continuas situaciones de estrés hídrico se traducirían en una menor producción y crecimiento de los árboles.

5. CONCLUSIONES

El estudio se realizó en árboles adultos de palto cv. Hass, en el periodo de un año. A pesar del corto periodo de las observaciones y mediciones, estos resultados son importantes para tener una idea del manejo y el efecto del riego sobre el desarrollo de los árboles.

Se determinó que el riego por goteo resultó ser más eficiente en cuanto a favorecer el desarrollo de raíces absorbentes, tanto en superficie como en profundidad del perfil. Estas se desarrollan desde el tronco hasta la zona de la entre hilera en forma abundante ya que el sistema de riego favorece la realización de un adecuado intercambio gaseoso que evita que se produzcan situaciones de saturación. Este aspecto sería responsable en el sistema de microaspersión de la ausencia de raíces absorbentes en el sector ubicado bajo la canopia del árbol y el "mulch" de hojas. Por lo tanto, en la búsqueda de una adecuada aireación, las raíces se ubican principalmente en la zona periférica de la canopia del árbol y en la entre hilera.

En cuanto al tipo de suelo, la condición más arcillosa que se da en el huerto regado por microaspersión, hace pensar

que éste sistema no sería el más adecuado, pues los largos tiempos de riego favorecen la saturación de este suelo y por tanto no permite la adecuada aireación y el desarrollo de raíces. Sin embargo, habría que diferenciar la situación que se manifiesta bajo la canopia del árbol y en la entre hilera donde se producen constantes momentos de estrés hídrico. En consecuencia, habría que reconsiderar la disposición de los microaspersores buscando beneficiar con el riego la zona de la entrehilera y así sacar de esa sobresaturación excesiva a la zona bajo la canopia del árbol.

En relación a la distribución de tensiones, éstas reflejaron claramente que aquellos puntos con mayores cambios, tienen su justificación en la acción conjunta de las raíces absorbentes y la demanda evaporativa de la atmósfera. En consecuencia, los patrones de uso-consumo del agua en el suelo, son claramente representados por los registros entregados por el tensiómetro de lectura instantánea para los dos sistemas de riego, donde los mayores cambios de tensión se justifican por la presencia de raíces absorbentes.

G. RESUMEN

El crecimiento de los árboles está determinado por condiciones propias del árbol y de tipo ambiental. Con respecto al funcionamiento del árbol, el manejo de las raíces pasa a ser fundamental, especialmente por su alta sensibilidad a condiciones de estrés hídrico provocado por déficit o excesos de agua. En este punto, el sistema de riego pasa a ser determinante, y su eficiencia depende tanto de las condiciones de instalación, manejo y de la manera como el tipo de suelo permite distribuir las láminas de agua aplicadas.

Con los datos de la tensión del agua en el suelo obtenidos a través del uso de un tensiómetro de lectura instantánea, se intenta demostrar el patrón de uso consumo del agua en el suelo en palto cv. Hass medidos en dos sistemas de riego presurizado (goteo y microaspersión) el cual corresponde a la presencia de raíces absorbentes de palto.

Se determina claramente que en riego por goteo el desarrollo de raíces se remite prácticamente a toda la superficie asignada al árbol, y que los valores de tensión están estrechamente relacionados con la presencia de raíces. En microaspersión, la presencia de raíces también está altamente relacionada con las zonas con mayores

cambios en la tensión del agua en el suelo, observándose la mayor densidad en la zona de la entre hilera a 3,54 m desde el tronco con una densidad de 0,88 raicillas por cm^2 . El desarrollo de raíces estaría básicamente determinado por un efectivo intercambio gaseoso en el suelo, situación que claramente no se produce en el riego por microaspersión bajo la canopia del árbol. El sistema de riego por goteo permite una adecuada aireación lo que se traduce en un gran desarrollo de raíces absorbentes las que alcanzan una densidad máxima de 1,08 raicillas por cm^2 .

Se debe tener en cuenta que el tipo de suelo pasa a ser determinante, tanto con el tipo de sistema de riego que se desee emplear como también con el manejo del sistema que se adopte en lo que se refiere a frecuencias y tiempos de riego, a modo de no causar sobresaturación del suelo, situación que al corto plazo se traducirá en muerte de raíces en un inicio, para seguir con el daño total del árbol.

7. LITERATURA CITADA

- ABERCROMBIE, R.A. 1990. Soil requirements for avocado cultivation. Farming in South Africa. 2p (Avocados B.2.).
- ADATO, I. and LEVINSON, B. 1988. Influence of daily intermittent drip irrigation on avocado (cv. Fuerte) Fruit yield and trunk growth. J-Hortic-Sci. 63:(4):675-685.
- , -----, 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). J-Hortic-Sci. 66:(4):449-463.
- ARPAIA, M.L. and EAKS, I. 1990. Avocado fruit quality as influenced by preharvest cultural practices. California Avocado Society Yearbook. pp. 35-42.
- AVILAN, L.; MENESES, L.; SUCRE, R.; SERPA, D. 1984. Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución radical del aguacate. Fruits 39 (7-8):475-482.
- BARRERA, J.L., BOYRS, M.W. and MARTINEZ, H. 1981. Root systems of Persea americana Mill. and Persea schiedeana Nees, 21st. International Horticultural Congress, Hamburg, Frg, Abstracts.
- BENDER, G.S. and SAKOVICH, N. 1988. Evaluation of water distribution by minisprinklers operated without Overlap. California Grower 12:(3):7-8.
- BIELORAI, H. 1977. The effect of drip and sprinkler irrigation on grapefruit yield, water use and soil salinity. Proc. Int. Soc. Citriculture. 1:99.

- , 1978. Moisture, salinity and root distribution of drip irrigated grapefruit. Proc. Int. Soc Citiculture. 562-567.
- BORST, G. 1984. Strategy for drought: reduce water use, improve efficiency. Avocado Grower 8(8):30-31.
- BOWER, J.P., WOLSTENHOLME, B.M., DE JAGER, L. 1985. Some aspects of water relations on avocado (Persea americana Mill.) tree and fruit physiology. D.Phil Thesis, Univ. Natal. 185 p.
- , CUTTING, 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.
- , and VAN LELYVELD, L.J. 1986. The effect on long term irrigation regime on avocado fruit poliphenol oxides browning potential. South Africa Avocado Growers' Association Yearbook. 9:51-53.
- BOYRS, M.W., BARRERA, J.L. and 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.
- BOZZOLO, E. 1993. Aproximación a la determinación de los coeficientes de cultivo (Kc) en palto (Persea americana Mill.) cv. Hass para la zona de Quillota, V región. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 78p.
- CAMACHO, S.E., HALL, A.E. and KAUFFMANN, M.R. 1974. Efficiency and regulation of water transport in some woody and herbaceous species. Plant Physiology 54:169-172.

- CAMERON, S.H., MULLER, R.T. and WALLACE, A. 1952. Nutrient composition and seasonal losses of avocado trees. California Avocado Society Yearbook 36:201-209.
- CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1966. Estudio agrológico de la Hacienda la Palma. Departamento de Conservación de Suelos y Aguas. 144p.
- DEVLIN, R.M. 1980. Fisiología vegetal. 3a. ed. Barcelona, Omega. 517p.
- DIAZ, A.J. 1988. Cálculo de la evapotranspiración de los cultivos. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 127p.
- DOOREMBOS, J. y PRUITT, W. 1986. Las necesidades de agua de los cultivos. 3a. ed. FAO. 190p. (Colección de Riego y Drenaje Nº24).
- DURAND, B.J. and DU PLESSIS, S.F. 1990. Irrigation of avocado orchards. Farming in South Africa. 2p (Avocados F.1).
- ELFVING, D.C., KAUFMANN, M.R. and HALL, A.E. 1972. Physiol. Plant. 27:161-8.
- ENGLE, M.M. 1988. Efficient irrigation, saves water. California Grower 12:(8):12-13, 21, 28.
- HARDIAZABAL, F. y ROSENBERG, G. 1991. Cultivo del palto. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, 201p.
- OODALL, G.E. 1987. Shots Control Root Rot, say Scientists. California Growers' 11(8):23-29.

- GRAHAM, A. D. N. and WOLSTENHOLME, B. N. 1991. Preliminary Results on the influence of late hanging of avocados (Persea americana Mill.) on tree performance. South African Avocado Grower's Association Yearbook 14:27-36.
- GREGORIOU, C. and KUMAR, D.R. 1984. Effects of irrigation and mulching on shoot and root growth of avocado (Persea americana Mill.) and mango (Mangifera indica L.). Journal of Horticultural Science 59:(1):109-117.
- JUSTAFSON, C.D. 1972-73. Drip irrigation experiments with avocados in San Diego County. Yearbook p. 109-124.
- , 1976. Avocado water relations. California Avocado Society Yearbook 60:57-72.
- , MARSH, R.L. and DAVIES, S. 1979. Drip irrigation on avocado. Six-Year summary of project. Cal. Avocado Soc. Yrbk. 63:95-113.
- , 1982. Management of drip irrigation systems (Part 1). Avocado Grower 6:(12):55-56, 58.
- , 1983. Management of drip irrigation systems (Part 2). Avocado Grower 7:(1):46-47.
- HERNANDEZ, F. de P. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (Persea americana Mill.), cv. Hass para la zona de Quillota, V Región. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.
- KALMAR, D. and LAHAV, E. 1977. Water requirements of avocado in Israel. Tree and soil parameters. Australian Journal Agriculture Research 28 (5): 859-868.

- ; 1984. The water requirements of an avocado orchard planted on clay soil and irrigation by drip irrigation. Israel, Metafim. 14p (The Use of Drip Irrigation in Subtropical, Tropical and Citrus Fruit Orchards N915).
- KAUFMANN, M.R. and HALL, A.E. 1974 The regulation of water transport in the soil-plant-atmosphere continuum.
- KRIEDEMANN, P.E. 1986. Tree water relations. Acta Horticulturae. 175: 343-350.
- KURTZ, C.; GUIL, I. and KLEIN, I. 1991. Water rate effects on three avocado cultivars. World Avocado Congress II, 21 - 26 april 1991, Orange, California pp.103.
- LAHAV, E., and KALMAR, D. 1983 Determination of the irrigation regimen for an avocado plantation in spring and autumn. Australian Journal Agriculture Reserch 34: 717-724.
- , -----, and ZAMET, D. 1973. The value of physiological indicators in determining the irrigation requirements of the avocado tree. California Avocado Society Yearbook. 57:137-146.
- LOVATT, C.J. 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. California Avocado Society Yearbook pp. 194-199.
- LYMAN, B. 1982. Irrigation Analisis: Water: how much, how little, how many times?. Avocado Growers' 6(6): 28-33.
- MARSH, A.W.; BRANSON, R.L.; DAVIS, S.; GUSTAFSON, C.D. and STROHMAN, R.A. 1978. Irrigating new avocado orchards. Calif. Agric. 32:19-20.
- MARSHNER, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press. 674p.

- PARODI, L.R. 1959. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería; Descripción de plantas cultivadas. Buenos Aires, Acme. 385p. (Vol. 1)
- PLESSIS, S.F. DU. 1991. Factors important for optimal irrigation scheduling of avocado orchards. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 14:91-93.
- POST, S. and PECK, D. 1983. Irrigationists break new ground in search for exact water needs of mature avocados. Avocado Grower 7(10):32-34.
- SALAZAR, S. and CORTES, J. 1986. Root distribution of mature avocado trees growing in soils of different texture. California Avocado Society Yearbook 70: 165-174.
- SALGADO, E. 1991. Manejo del riego. Curso Internacional de Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas, 2 - 5 Octubre de 1990, Viña del Mar, Chile.
- SCHAFFER, B. and BARANOWSKY, R.M. 1986. Sample size estimates for avocado yield experiments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:985-987.
- SCHOLEFIELD, P.B., WALCOTT, J.J., KRIEDEMANN, P.E. and RAMADASAN, A. 1980. Some environmental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. California Avocado Society Yearbook 64: 93-105.
- , SEDGLEY, M. and ALEXANDER, D. McE. 1985. Carbohydrate cycling in relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. Scientia Horticulturae 25: 99-110.
- SEDGLEY, M. 1977. The effect of temperature on floral behavior, pollen tube growth and fruit set in avocado. Journal of Horticulture Science 52: 135-141.

- , ANNELS, O.M. 1981. Flowering and fruit set response to temperature in the avocado cultivar Hass. *Scientia Horticulturae* 14:27-33.
- , and GRANT, W.J.R. 1983. Effect of low temperature during flowering on floral cycle and pollen tube growth in nine avocado cultivars. *Sci. Hortic.* 18:207-213.
- SHALVEHET, J.; MANTELL, A.; BIELORAI, H.; SHIMSI, D. 1981. Irrigation of field and orchard crops under semiarid conditions, second edn. Int. Irrig. Inform Center, Israel. 127-132.
- SINCLAIR, T.R. and LUDLOW, M.M. 1986. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. *Aust. J. Plant Physiol.* 13:329-341.
- SLABBERT, M.J. 1987. A Comparison of irrigation scheduling by tensiometer versus evaporation pan. South African Avocado Growers' Association Yearbook 10:54-56.
- SMAJSTRLA, A. G., KOO, R. C. 1984 Effects of trickle irrigation methods and amounts of water applied on citrus yields. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 97:3-7.
- STERNE, R.E., ZENTMYER, G.A. and KAUFFMANN, M.R. 1977. The influence of matric potential, soil moisture and soil amendment on root disease caused by Phytophthora cinnamomi. *Phytopathology* 67: 1495-1500.
- TAKELE, E., MEYER, J.L., ARPAIA, M.L., YATES, M.V., BENDER, G. and WITNEY, G. 1990. Irrigation and fertilization management of economic analysis progress report. California Avocado Society Yearbook pp. 85-98.

- TELLO, C.A. 1991. Efectos de volúmenes diferenciados de riego en el desarrollo vegetativo, producción y calidad de frutos en palto (Persea americana Mill.), cv. Hass. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.
- TURNEY, J. and MENGE, J. 1993. Mulching benefits. *California Grower* 17 (10): 35.
- VELLIDIS, F., KATERJI, N. 1991. Plant response to the soil water reserve: consequences of the root system environment. *Irrig. Sci.* 12: 145-152.
- VERHEIJ, E.W.M. 1986. Towards the classification of tropical tree fruit trees. *Acta Horticulturae* 175:137-140.
- WESTWOOD, M. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Madrid, Mundiprensa. 461p.
- WHILEY, A.W.; PEGG, K.G.; SARANAH, J.B. and FORSBERG, L.I. 1986. The control of Phytophthora root rot of avocados with fungicides and effect of this disease on the water relations, yield and ring neck. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 26:249-256.
- , -----, ----- and LANGDON, P.W. 1987. Influence of Phytophthora root rot on mineral nutrient concentrations in avocado leaves. *Australian Journal of Experiments Agriculture*. 27:173-177.
- , 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.

- , 1990a. Nutrición, una herramienta estratégica para lograr una alta productividad y calidad en el cultivo del palto. Curso Internacional de Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas, 2 - 5 Octubre de 1990, Viña del Mar, Chile.
- , 1990b. Interpretación de la fenología y fisiología de palto para obtener mayores producciones. Curso Internacional de Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas, 2 - 5 Octubre de 1990, Viña del Mar, Chile.
- , RASMUNSEN, T.S. and SARANAH, J.B. 1991. Effect of time of harvest on fruit size, yield and trunk starch concentrations of avocados cv. Fuerte. World Avocado Congress II, 21 - 25 April 1991, Orange, California, USA.
- MOLSTENHOLME, B.N., WHILEY, A.W. and SARANAH, J.B. 1990. Manipulating vegetative: reproductive growth in avocado (Persea americana Mill.) with paclobutrazol foliar sprays. Scientia Horticulturae 41:315-327.
- , -----, 1991. Requirements for improved fruiting efficiency in the avocado tree. World Avocado Congress II, 21-26 April 1991, Orange, California. pp.61.
- ZAMET, D.N. The effect of minimum temperature on avocado yields. California Avocado Society Yearbook pp. 247-255.

A N E X O S

ANEXO 1. Caracterización Física y Morfológica del perfil perteneciente a la serie "La Palma".

- 0 - 15 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo; pardo pálido (10 YR 5/3) en seco; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares muy finos, moderados; plástico adhesivo, muy friable, duro; sin reacción al HCl; pH 6,8; C.E. 0,364 mmhos/cm; densidad aparente 1,372 gr/cc; límite inferior abrupto lineal.
- 15 - 36 cm. Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; pardo pálido (10 YR 5/3) en seco; textura franco arcillosa; estructura masiva, se quiebra en bloques subangulares finos, moderados, plástico; ligeramente adhesivo, friable, muy duro; sin reacción al HCl; pH 6,7; C.E. 0,391 mmhos/cm; densidad aparente 1,17 gr/cc; límite inferior claro lineal.
- 36 - 58 cm. Pardo rojizo (5 YR 4/4) en húmedo; pardo (7,5 YR 5/4) en seco; textura arcillosa; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable; ligeramente duro sin reacción al HCl; pH 6,85; C.E. 0,257 mmhos/cm; densidad aparente 1,37 gr/cc; límite inferior abrupto lineal.
- 58 - 64 cm. Pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en húmedo; pardo rojizo (5 YR 4/4) en seco; textura arcillosa; estructura de bloques subangulares, finos, moderados; plástico, ligeramente adhesivo, friable, suave; sin reacción al HCl; pH 6,8; C.E. 0,214 mmhos/cm; densidad aparente 1,43 gr/cc; límite inferior abrupto lineal.
- 84 - 124 cm. Pardo oscuro (5 YR 3/3) en húmedo; textura arcillosa en matriz de grava; sin estructura.

ANEXO 2. Análisis químico (meq/l) de las diferentes fuentes de agua de riego de la Estación Experimental "La Palma" (MARTINEZ, 1981).

FUENTE	pH	CE*103	K -	Na -	Mg -	Ca -	CO3 -
POZO 1	6,98	0,47	0,05	1,11	2,05	2,84	0
POZO 2	7,05	0,45	0,03	0,91	2,39	2,54	0,15
TRANQUE	8,05	0,29	0,04	0,72	1,26	1,87	0,15

FUENTE	HCO3 -	SO4 -	Cl -
POZO 1	2,95	2,48	0,45
POZO 2	3,03	2,23	0,44
TRANQUE	2,03	1,69	0,30

ANEXO 3. Datos climatológicos para la zona de Quillota,
sector "La Palma" medidos en la Estación
Meteorológica perteneciente a la Estación
Experimental de la Facultad de Agronomía
U.C.V. correspondiente al año 1993.

MES	TEMPERATURAS			PRECIPITACION (mm/mes)	EVAPORACION BANDEJA (mm/mes)
	Máx.	Min.	Bajo 0°C		
Enero	27,38	11,56	-	-	102,9
Febrero	25,27	13,1	-	-	131,0
Marzo	22,4	10,78	-	-	114,3
Abril	20,2	11,2	-	76,3	59,9
Mayo	17,95	10,26	-	65,6	29,75
Junio	17,28	7,6	-	36,8	19,0
Julio	16,3	0,5	-4,8	43,5	25,7
Agosto	19,48	4,8	-	56,8	41,1
Septiembre	19,1	5,58	-	-	74,1
Octubre	21,5	7,27	-	7,0	112,7
Noviembre	25,2	7,4	-	-	158,2
Diciembre	25,3	9,7	-	-	218,4

ANEXO 4. Caracterización del perfil de suelo ubicado en el huerto de paltos de la Estación Experimental de la U.C.V.

- | | |
|--------------|---|
| 0 - 30 cm. | Textura arcillo francosa; color café en húmedo. Presencia de piedras; estructura de bloques; poros finos y medios; raíces finas escasas; límite gradual; no se observa actividad biológica. |
| 30 - 50 cm. | Textura franco arcillosa; color café en húmedo; estructura granular; poros finos y medios abundantes; pedregoso; presencia de raíces finas; no se observa actividad biológica. |
| 50 - 65 cm. | Textura arenosa; color pardo claro; sin estructura o grano simple; abundantes piedras; poros grandes abundantes; no se observan raíces; no se observa actividad biológica. |
| 65 - 100 cm. | Textura arenosa; color café; grano simple; piedras grandes en un 70% de la estrata; no se observan raíces; no se observa actividad biológica. |

ANEXO 5. Caracterización del perfil de suelo ubicado en el huerto de paltos del fundo "La Palma".

- 0 - 25 cm Textura arcillo francosa; color café en húmedo. Presencia de piedras de diametro superior a 5 cm; estructura en bloques; poros finos y medios; plástico, adhesivo, muy friable, duro; raices abundantes; límite inferior abrupto lineal.
- 25 - 50 cm Textura franco arenosa en matriz pedregosa; piedras de tamaño superior a los 15 cm en todo el perfil; estructura en bloques subangulares finos; ligeramente plástico, adhesivo, friable; raices finas abundantes.

ANEXO 6. Resultados del análisis de granulometría, % de humedad y densidad aparente del suelo perteneciente al huerto de la Estación Experimental de la U.C.V.

PROFUNDIDAD (cm)	TENSION (cb)	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE	ARENA (%)	ARCILLA (%)	LIMO (%)	TEXTURA
30	0	55	2,08	50,5	23,5	26	FRANCO ARCILLO ARENOSA
	5,5	38					
	10	23					
	15	18					
	20	16					
	25	12					
	30	8,1					
60	0	48	1,69	60,5	19,5	20	FRANCO ARENOSO
	10	15					
	20	7					
	35	6,5					
	40	5,8					

ANEXO 7. Resultados del análisis de granulometría, % de humedad y densidad aparente del suelo perteneciente al fundo "La Palma".

PROFUNDIDAD (cm)	TENSION (cb)	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE	ARENA (%)	ARCILLA (%)	LIMO (%)	TEXTURA
30	0	52,9	1,68	48,5	25,5	26	FRANCO ARCILLO ARENOSA
	39	6,99					
	42	5,49					
	48	4,49					

ANEXO 8. Tiempos de riego y caudales aplicados durante el periodo Enero 93 - Enero 94 en el huerto de la Estación Experimental de la U.C.V.

MES	EVAPORACION BANDEJA (mm/mes)	Kb (mm/mes)	Eto (mm/mes)	Kc (mm/mes)	Etc (mm/mes)	EFICIENCIA DEL SISTEMA	LAMINA APLICADA (mm/mes)	TIEMPO RIEGO (hrs/mes)	CAUDAL APLICADO (lt/mes)
ENERO	182,9	0,8	146,32	0,55	88,48	0,75	187,3	74,58	5364,8
FEBRERO	131,8	0,8	104,8	0,5	52,4	0,75	69,9	48,54	3495,9
MARZO	114,8	0,8	91,2	0,45	41,84	0,75	54,7	38,18	2743,2
ABRIL	59,9	0,8	47,92	0,4	19,17	0,75	25,6	17,88	1281,6
MAYO	29,75	0,8	23,85	0,4	9,52	0,75	12,7	8,82	635,84
JUNIO	19,8	0,8	15,2	0,35	9,32	0,75	7,89	4,92	354,24
JULIO	25,7	0,8	20,56	0,35	7,2	0,75	9,6	6,78	482,4
AGOSTO	41,1	0,8	32,88	0,4	13,15	0,75	17,54	12,18	872,8
SEPTIEMBRE	74,1	0,8	59,28	0,45	26,68	0,75	35,57	24,78	1778,4
OCTUBRE	112,7	0,8	98,16	0,5	48,57	0,75	54,18	37,57	2785,1
NOVIEMBRE	158,2	0,8	126,56	0,5	63,28	0,75	84,37	58,68	4219,2
DICIEMBRE	286,6	0,8	162,28	0,55	98,18	0,75	121,28	84,18	6855,2
TOTAL	1155,8		921,81		452,91		599,7	416,53	29986,3