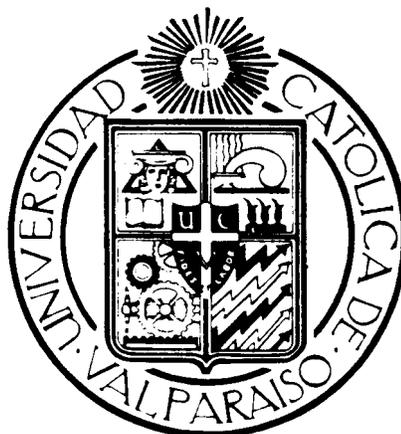


UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO  
FACULTAD DE AGRONOMIA

AREA DE HORTICULTURA



APROXIMACION A LA DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO ( $K_c$ )  
EN PALTO (*Persea americana* Mill.) cv. HASS PARA LA ZONA DE QUILLOTA, V REGION

EDUARDO BOZZOLO VERHAAF

QUILLOTA CHILE  
1993

## INDICE DE MATERIAS

|   | pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCION   | 1    |
| 2. REVISION BIBLIOGRAFICA   | 4    |
| 2.1. Riego en paltos.   | 4    |
| 2.1.1. Requerimientos hídricos.   | 4    |
| 2.1.2. Etapas críticas del riego.   | 11   |
| 2.1.3. Efectos del riego.   | 17   |
| 2.1.4. Programación de riego en paltos en base a tensiómetros.                    | 21   |
| 2.1.5. Evapotranspiración de cultivo (ETc) y evapotranspiración potencial (ETo).  | 25   |
| 2.1.6. Ventajas y desventajas del uso de tensiómetros y bandejas evaporimétricas. | 28   |
| 2.1.7. Sistemas de riego en paltos.   | 30   |
| 3. MATERIAL Y METODO  | 33   |
| 3.1. Ubicación.   | 33   |
| 3.2. Definición del área de la investigación.                                     | 33   |
| 3.2.1. Clima.   | 33   |
| 3.3. Obtención de los registros.  | 35   |
| 3.3.1. Registros de riego.  | 35   |
| 3.3.2. Registros climatológicos.  | 36   |
| 3.3.3. Registros del ciclo fenológico del palto.                                  | 37   |
| 3.4. Caracterización del suelo del huerto de paltos.                              | 37   |
| 3.5. Estimación de la lámina de agua retenida por el suelo.                       | 38   |
| 3.6. Cálculo de los coeficientes de cultivo (Kc).                                 | 39   |
| 3.7. Análisis de los resultados.  | 40   |

|  | pág. |
|--|------|
| 4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS      | 42   |
| 4.1. Análisis de los registros de temperatura. | 42   |
| 4.2. Análisis del riego.                       | 43   |
| 4.3. Coeficientes de cultivo (Kc).             | 54   |
| 5. CONCLUSIONES                                | 58   |
| 6. RESUMEN                                     | 59   |
| 7. LITERATURA CITADA                           | 61   |
| ANEXOS   |      |

## INDICE DE FIGURAS

|   | pág. |
|---|------|
| FIGURA 1: Periodos de riego y ciclo total de crecimiento del palto cv. Fuerte en la zona de Queensland, Australia (WHILEY <u>et al.</u> , 1988).      | 9    |
| FIGURA 2: Floración, cuaja y desarrollo de frutos en paltos cv. Hass, bajo las condiciones de Riverside - San Diego, California, EEUU (LOVATT, 1990). | 13   |
| FIGURA 3: Crecimiento y caída de frutos de palto cv. Hass en la zona de Quillota, V Región (HERNANDEZ, 1991; TELLO, 1990).                            | 15   |
| FIGURA 4: Agua fácilmente disponible para paltos bajo diferentes texturas de suelo (DU PLESSIS, 1991).  | 23   |
| FIGURA 5: Périodos críticos en el ciclo fenológico de paltos cv. Hass determinado para la zona de Quillota, V Región (HERNANDEZ, 1991).               | 44   |
| FIGURA 6: ETC promedio mensual (mm), de dos cuarteles de palto. Huerto California, Quillota, V Región.  | 46   |
| FIGURA 7: Curvas características de humedad, de dos cuarteles de palto, Huerto California, Quillota, V Región.  | 53   |

## INDICE DE CUADROS

|  | pág. |
|--|------|
| CUADRO 1: Coeficientes de cultivo (Kc) para paltos obtenidos de los datos de CIMIS, California (MEYER <u>et al.</u> , 1990).                     | 28   |
| CUADRO 2: Frecuencia de riego y tensiones mensuales promedio de dos cuarteles de paltos. Huerto California, V Región (1988 - 1992).              | 48   |
| CUADRO 3: Producción total por temporada de palto cv. Hass (Ton/ha) y láminas netas de riego (mm) en dos cuarteles. Huerto California, V Región. | 50   |
| CUADRO 4: Coeficientes de cultivo para palto (Kc), estimados a partir de ETo y ETc para la zona de Quillota, V Región.                           | 54   |

INDICE DE ANEXOS

|  | pág. |
|--|------|
| ANEXO 1: Datos climatológicos promedio, láminas de riego promedio y evapotranspiración de cultivo (ETc) en paltos cv. Hass, durante seis temporadas (1986 - 1992), Quillota, V Región. | 69   |
| ANEXO 2: Láminas de riego mensuales en dos cuarteles de paltos, Huerto California, Quillota, V Región (1986 - 1992).   | 70   |
| ANEXO 3: Temperaturas máximas y mínimas mensuales promedio; mínimas absolutas, medias y humedad relativa promedio mensual. Estación Meteorológica Quillota, V Región.                  | 71   |
| ANEXO 4: Análisis: Curvas de retención de humedad, Cuartel Tranque y Cuartel Central, Huerto California, V Región.   | 72   |
| ANEXO 5: Análisis: Granulometría, Cuartel Tranque y Cuartel Central, Huerto California, V Región.  | 73   |
| ANEXO 6: Descripción de la estratografía del suelo del cuartel Tranque, Huerto California, Quillota, V Región.   | 74   |
| ANEXO 7: Descripción de la estratografía del suelo en el cuartel Central, Huerto California, Quillota, V Región.   | 75   |
| ANEXO 8: Peso promedio de la fruta de un brote primaveral maduro en ramas anilladas de palto cv. Hass con o sin hojas maduras de verano (WHILEY, 1990b).                               | 76   |
| ANEXO 9: Precipitaciones totales (mm) por temporada, Estación meteorológica, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, V Región.   | 77   |

- ANEXO 10: Distribución mensual de las precipitaciones en la zona de Quillota, V Región. 78
- ANEXO 11: Evaporación de bandeja Clase A (mm) por temporada, Estación meteorológica, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, V Región. 79
- ANEXO 12: Evaporación de bandeja Clase A mensual promedio (mm), en la zona de Quillota, V Región. 80

## 1. INTRODUCCION

En Chile, el cálculo de las necesidades netas de riego en paltos se hace, en muchos casos, a partir de la evaporación de agua medida desde una bandeja. Situada en condiciones estándares, ésta sirve para estimar la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>).

Para relacionar la ET<sub>o</sub> con la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) se debe disponer de un coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>). La estimación de la ET<sub>c</sub> resulta de multiplicar este coeficiente y la ET<sub>o</sub>.

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (\text{mm/día})$$

Los K<sub>c</sub> pueden obtenerse experimentalmente y resumen el comportamiento de los cultivos en el sistema suelo-planta-atmósfera. Estos son válidos para las condiciones en que se determinan y sólo pueden extrapolarse a aquellas similares.

Hasta el momento son pocos los estudios que se han hecho para determinar los K<sub>c</sub> para paltos. Los que existen proceden del extranjero donde la industria del palto presenta avances importantes.

En el país se han usado Kc calculados en zonas que presentan condiciones relativamente similares a las nuestras. Sin embargo, no hay coincidencia en cuales coeficientes serían los más apropiados. Tampoco se han realizado estudios que determinen los coeficientes más confiables. Esto, sin lugar a dudas, reduce la eficacia del riego generando en algunos casos condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas. Se ha comprobado que tanto la falta de agua como su exceso sumado a daños provocados por el hongo Phytophthora cinnamomi distorsionan el ciclo fenológico y afectan directamente la cantidad y la calidad de las cosechas.

Es por esto que se intentará estimar coeficientes de cultivo confiables a partir de los registros de riego de un huerto de paltos y los de evaporación de bandeja Clase A, basándose en la siguiente expresión:

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

Los objetivos de esta investigación son: Verificar la posibilidad de correlacionar los registros históricos del clima y las láminas de riego con las producciones y ciclo fenológico de paltos (Persea americana Mill.) cv. Hass y; estimar los coeficientes de cultivo (Kc) para

cada mes basándose en las láminas aportadas durante un periodo de seis años en un huerto de la zona de Quillota, V Región.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Riego en palto:

#### 2.1.1. Requerimientos hídricos.

Determinar los requerimientos hídricos del palto equivale a responder cuánto regar. Sin embargo, lo anterior no puede separarse completamente de cuándo regar. La cantidad de agua requerida por los cultivos (evapotranspiración) depende de la interacción de factores climáticos, botánicos, de suelo y manejo. Entre ellos se puede mencionar la temperatura, humedad relativa, viento, radiación, período de crecimiento del follaje, el tamaño, la edad, los niveles de producción, la estructura, la distribución de las raíces, la disponibilidad de agua, etc. (SALGADO, 1991).

Los riegos frecuentes tienden a aumentar las pérdidas por evaporación desde los suelos. En terrenos con empastadas o cultivos que cubren completamente la superficie del suelo con el follaje, se reduce la evaporación por la sombra que ésta produce (TOSSO, 1981).

Después de un riego, la evaporación desde la superficie

del suelo es alta hasta que ésta permanece saturada. La velocidad de evaporación en estas condiciones es casi igual a la de una superficie de agua libre a la misma temperatura. A medida que el contenido de humedad de la superficie del suelo disminuye, la velocidad de evaporación disminuye drásticamente. La velocidad de evaporación entre riegos sucesivos depende de factores tales como: Rastrajes, coberturas, textura del suelo, clima, tipo de cultivo, estado de desarrollo vegetativo del cultivo y el método, frecuencia y profundidad del riego (TOSSO, 1981).

Los paltos tienen un ineficiente sistema de transporte de agua con un potencial hídrico en las hojas que cae marcadamente a medida que la tasa de transpiración aumenta durante el día produciéndose un déficit, aunque el agua del suelo no sea limitante. Entre los factores que contribuyen a aumentar las tasas de pérdida de agua desde los tejidos se incluyen diferencias en la composición química cuticular, estructuras anatómicas y actividad estomática. Las hojas, sépalos y pétalos presentan estomas en el envés y no en el haz. Además, en pétalos y sépalos no se presentan depósitos de cera epidérmica, 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 KAUFFMANN, 1974).

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

El desarrollo de las raíces está en un estrecho balance con el crecimiento vegetativo del árbol. Durante el invierno, cuando la temperatura del suelo cae por debajo de los 18° C, el crecimiento de éstas se reduce. Luego de cada brotación sigue un periodo de aumento en el crecimiento radicular llegándose a determinar que existen dos épocas de alta actividad 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 de las temperaturas del suelo.

ABERCROMBIE (1990), al igual que SALAZAR y CORTEZ (1986), determinó que las raíces de paltos adultos establecidos en suelos de textura media a gruesa y sin estratas limitantes están mejor distribuidas, ya sea horizontal o verticalmente, en comparación con las de aquellos paltos plantados en suelos arcillosos. En ambos suelos la mayoría de las raíces finas están localizadas entre los 0 y 60 cm de profundidad. Al respecto, BORYS et al. (1985) agregan que los factores genéticos, tanto del portainjerto como del injerto, están envueltos en la distribución de las raíces y también en algunos componentes de su tamaño.

SHALHEVET et al. (1981), citados por DU PLESSIS (1991), establecieron 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 la eficiencia del

riego y evitar pérdidas por percolación consideraría los primeros 60 cm de profundidad. Sin embargo, lo correcto para cada huerto será determinar la profundidad a la que crecen las raíces, ya que profundidades mayores a 60 cm o estratas compactas que pudiesen limitar el crecimiento radicular afectarán la capacidad retentiva del suelo.

MEYER et al. (1990) observaron que hay un aumento significativo en la producción debido al riego cuando se cosecha temprano en la temporada ya que se evita el desprendimiento de fruta provocado por competencia. Esto estaría demostrando que las prácticas de riego pueden influir de una forma significativa en los impactos económicos, siempre y cuando se acompañen de correctas prácticas culturales.

En una temporada de crecimiento completa los paltos muestran un patrón doble de crecimiento, existiendo una interdependencia entre el desarrollo de los brotes (uno en primavera y otro en verano) seguido por el de las raíces (Figura 1). Los requerimientos de agua durante el invierno, mientras los árboles se encuentran en semidormancia, son bajos pues las funciones de crecimiento son mínimas. Cuando los árboles comienzan a florecer los requerimientos de agua aumentan sustancialmente. Esto es el reflejo del aumento de la

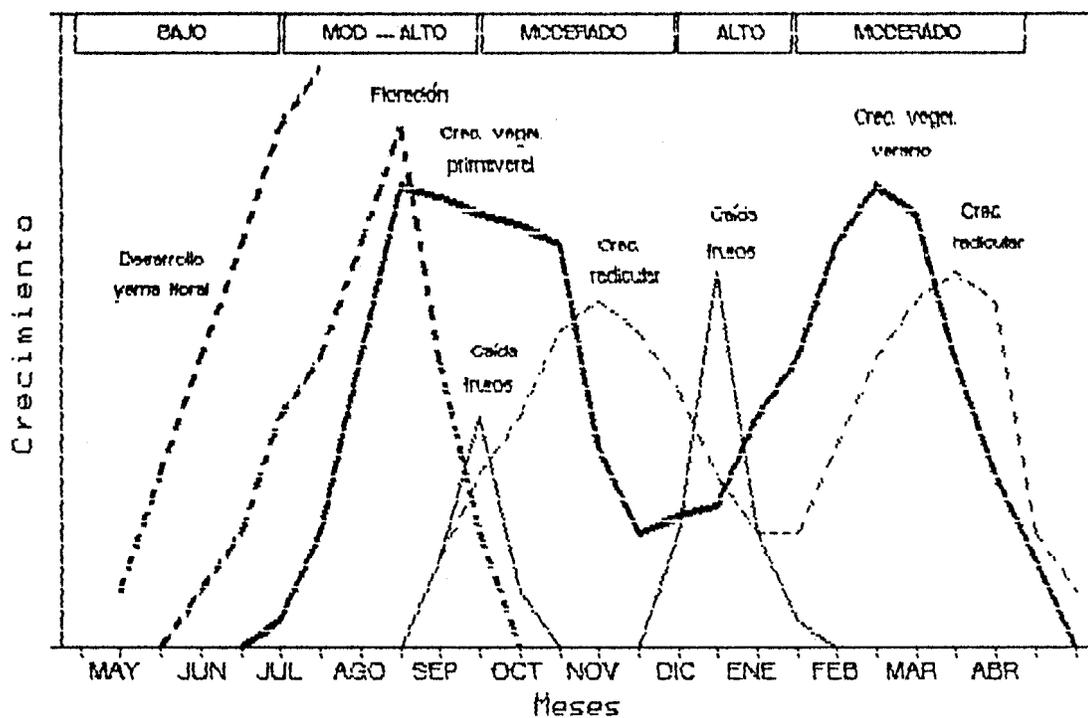


FIGURA 1: Periodos de riego y ciclo total de crecimiento del palto cv. Fuerte, en la zona de Queensland, Australia (WHILEY et al., 1988).

superficie de transpiración (DU PLESSIS, 1991; WHILEY et al., 1988).

Investigaciones hechas en Israel indican que el rango en los volúmenes de agua aplicados bajo las condiciones de salinidad locales variaron entre 5.380 y 7.440 m<sup>3</sup>/ha/año al regar con un intervalo de 21 días, y no se encontraron diferencias significativas en los rendimientos y la calidad de las cosechas. Los volúmenes más bajos se obtuvieron en suelos de texturas finas con mayor capacidad de retención de agua y los volúmenes mayores en texturas gruesas. La pluviometría promedio invernal de 600 mm hacen un total de 11.380 y 13.440 m<sup>3</sup>/ha/año. Sin embargo, se encontró que el efecto de las lluvias enmascara, en parte, la calidad y los calibres de la fruta cosechada (LAHAV y KALMAR, 1983; KALMAR y LAHAV, 1977; KALMAR y LAHAV, 1976).

De igual forma, KURTZ, GUIL y KLEIN (1991) encontraron en Israel que los volúmenes requeridos por paltos cv. Hass son inferiores a los de otros cultivares. Además, no encontraron diferencias significativas en los rendimientos y la calidad de la fruta al regar durante el período libre de lluvias con volúmenes de 4.250 a 7.000 m<sup>3</sup>/ha/año y con evaporaciones de bandeja de 1300 mm en promedio.

En California, bajo condiciones diferentes, GUSTAFSON et al. (1979), citados por DU PLESSIS (1991), encontraron que árboles de 6 años requerían de 828 mm de agua por temporada, que sumada a una pluviometría invernal de 270 mm hacen un total de 1.098 mm.

En Chile, hasta la fecha no ha sido posible determinar con suficiente precisión los volúmenes de agua requeridos por paltos. Investigaciones hechas en la Universidad Católica de Valparaíso sugieren que el cultivar Hass regado por el sistema de microaspersión, podría requerir cantidades bajas de agua de entre 3.500 y 4.500 m<sup>3</sup>/ha/año (SALGADO, 1991).

#### 2.1.2. Etapas críticas del riego.

Como etapa o 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.

La floración en paltos es considerada el mayor evento fenológico y tiene la capacidad de aumentar sustancialmente la demanda de agua, principalmente durante el periodo de cuaja (WHILEY et al., 1988). El riego es fundamental a partir de 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 traslocación 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).

Por otro lado, la disminución de las láminas aplicadas hacia otoño producen una disminución en el tamaño final de los frutos, pero no del número de éstos. Así, se podría pensar que el período crítico termina al cesar la caída de frutos (LAHAV y KALMAR, 1983).

Bajo este punto de vista LOVATT (1990) indica que en California la etapa crítica se situaría entre los meses de marzo y fines de julio, durante el último período de floración y el inicio del período de crecimiento acelerado de los frutos (Figura 2).

Sin embargo, WHILEY, CHAPMAN y SARANAH (1988) en Australia, describen dos períodos muy marcados en que las tasas de desprendimiento de fruta son más altas (Figura 1). Al respecto, DURAND y DU PLESSIS (1990) acotan que la última etapa en la caída acelerada de

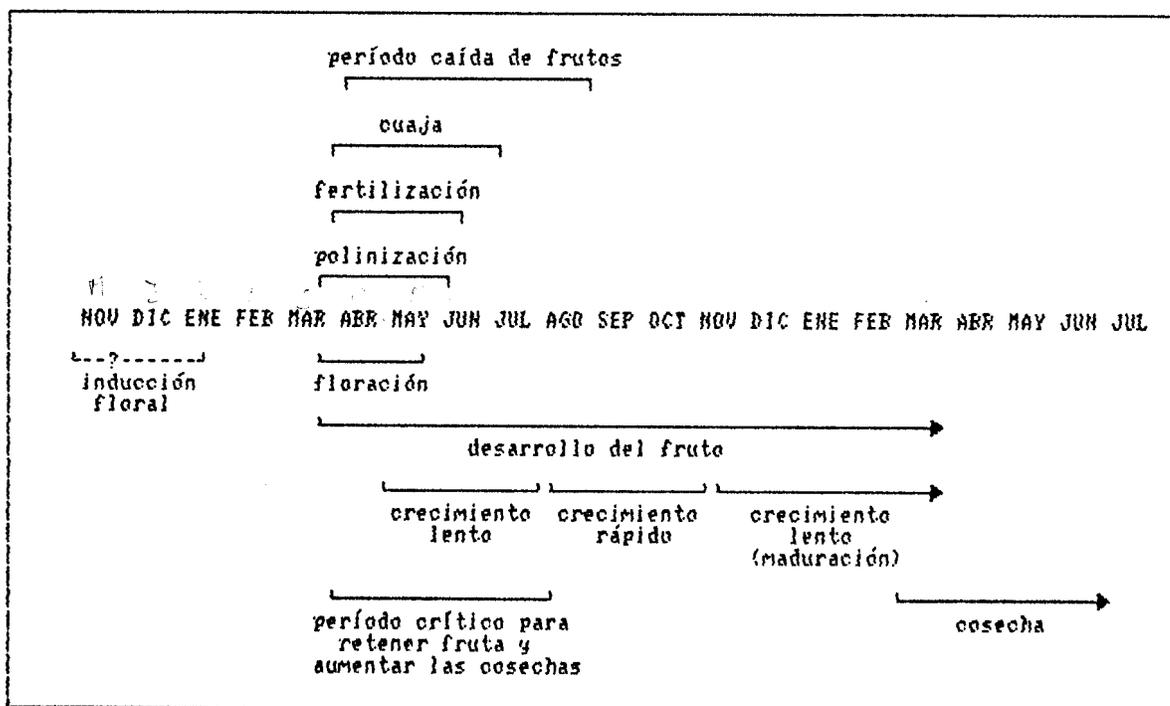


FIGURA 2: Floración, cuaja y desarrollo de frutos en paltos cv. Hass, bajo las condiciones de Riverside - San Diego, California, EEUU (LOVATT, 1990).

frutos es más crítica en el manejo del agua. Agregan además, que durante el período final de caída 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 este período son fundamentales para estimular la etapa de crecimiento acelerado de los frutos nuevos.

En Chile, esta situación ha sido descrita parcialmente por HERNANDEZ (1991) y TELLO (1990) quienes describen un solo período con altas tasas de desprendimiento entre mediados de octubre y fines de diciembre 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 período 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, CUTTING y VAN LELYVELD, 1986).

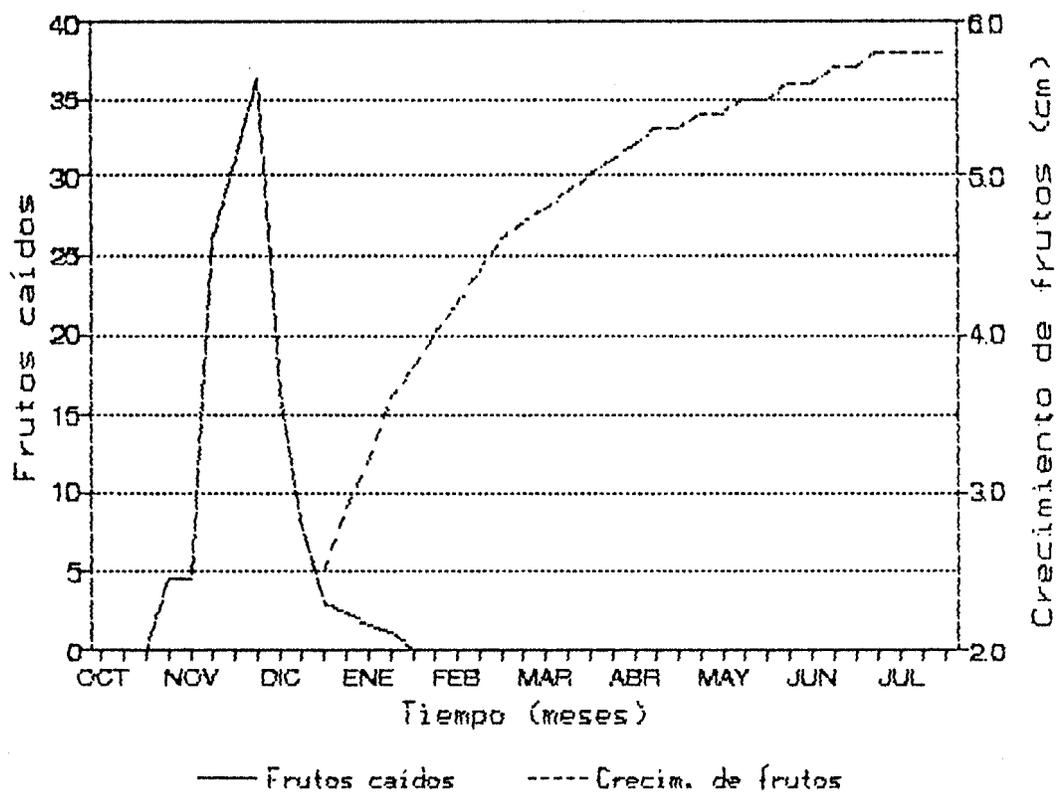


FIGURA 3: Crecimiento y periodo de caída de frutos de palto cv. Hass en la zona de Quillota, V Región (HERNANDEZ, 1991; TELLO, 1990).

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". Estas enmascaran los efectos del riego y otros manejos ( DURAND y DU PLESSIS, 1990; LOVATT, 1990; WHILEY, 1990b; BOWER, CUTTING y VAN LELYVELD, 1986).

La reducción en la tasa de crecimiento de los frutos hacia el otoño (Figura 3) 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 DU PLESSIS, 1990; LOVATT, 1990).

Las investigaciones hechas sobre el efecto del raleo de frutos y el anillado, al evaluar la disminución de la competencia por agua y nutrientes entre las estructuras

vegetativas y los frutos, no han tenido resultados significativos en los niveles de producción (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

### 2.1.3. Efectos del riego.

El riego y la fertilización son los principales factores de precosecha que influyen sobre la producción y la calidad de los 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).

HERNANDEZ (1991) y MUNOZ (1988) indican que existiendo un sistema de riego tecnificado el mayor número de raíces se encuentra en la zona de mayor disponibilidad de agua. Durante épocas de sequía, éstas reducen su actividad entrando en dormancia, recuperando su actividad al aumentar la humedad del suelo.

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 a concentrar las raíces dentro del bulbo de mojado (MUÑOZ, 1988). HERNANDEZ (1991) encontró que bajo las condiciones de Quillota el 80% de la población de raíces se distribuía dentro de los 30 primeros centímetros de profundidad bajo el sistema de microaspersión.

El uso de una cubierta de hojas (mulch) durante periodos de alta demanda atmosférica tiene efectos positivos en el riego disminuyendo las fluctuaciones térmicas diarias del suelo, manteniendo mejor la humedad y promoviendo el desarrollo vigoroso de raíces y raicillas. Además, mejora las propiedades físicas del suelo y ayuda al control de malezas (GREGORIOU y KUMAR, 1984). 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, 1992\*; KURTZ, GUIL y KLEIN, 1991).

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

El déficit de agua, nutrientes o pudrición de raíces adelantan la floración en más o menos 6 a 8 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, 1988).

En aquellas temporadas con grandes producciones generalmente se atrasa y reduce la intensidad de la floración en la temporada siguiente, en especial si se deja fruta en el árbol después de alcanzar los estándares mínimos de maduración. Si una gran cantidad de frutos maduros son mantenidos en el árbol durante el período crítico la competencia que se genera con los frutos nuevos hacen que estos últimos maduren más tarde por una reducción de las tasas de crecimiento. Por otro lado, en años en que las cosechas son pobres las frutas llegan a calibres comerciales, porcentajes de materia seca y aceite en forma anticipada (GRAHAM y WOLSTENHOLME, 1991; WHILEY, 1990b; WHILEY y WOLSTENHOLME, 1990).

Existen evidencias que asocian el déficit hídrico con un incremento en los niveles de ácido abscísico (ABA). 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).

En suelos pesados siempre existe el peligro de sobresaturar las primeras estratas cuyas condiciones físicas y químicas empeoran con el tiempo afectando la zona donde se encuentra el mayor número de raíces. Esto reduce el suministro de oxígeno e incrementa la susceptibilidad a ataques de Phytophthora. De igual forma, un exceso de humedad en el suelo tiene efectos significativos sobre el pardeamiento en postcosecha luego de un período de almacenaje de cuatro semanas en

condiciones estándares (DU PLESSIS, 1991; ARPAIA y EAKS, 1990; DURAND y DU PLESSIS, 1988; BOWER y VAN LELYVELD, 1986; LAHAV y KALMAR, 1983).

STERNE, KAUFMANN y ZENTMEYER (1977) indican que los síntomas de pudrición de raíces en paltos causados por Phytophthora son similares a los de déficit hídrico, es decir: Marchitez, decoloración foliar, decaimiento general y reducción del crecimiento reproductivo. Las condiciones de alta humedad ( $-10$  kPa o mayores) incrementan la incidencia de pudrición de raíces.

MAAS y KOTZÉ (1990) sugieren que para evitar la incidencia o reducir la severidad de pudrición de raíces habría que mejorar el drenaje interno y superficial ya sea rompiendo compactaciones o eliminando napas freáticas por sobre los 80 cm de profundidad.

#### 2.1.4. Programación de riego en paltos en base a tensiómetros.

DURAND y DU PLESSIS (1990) indican que los paltos requieren de riegos cortos pero frecuentes ya que aumentarían los niveles de aireación del suelo, reducirían las pérdidas de agua por percolación y mantendrían un nivel hídrico óptimo en los periodos de

máxima demanda.

Los instrumentos más usados para programar 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 determinar 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).

DU PLESSIS (1991) indica que un suelo a los 60 cm de profundidad y con una proporción de arcilla de un 40% tiene la capacidad de almacenar 80 mm de agua aprovechable para las plantas. Si se agota un 50% de esta lámina, o sea 40 mm ( $\pm$  10 a 15% dependiendo de la eficiencia de riego), es ésta la que se debe reponer con el riego. En el caso de un suelo con un 20% de arcilla este valor sería de 20 mm por aplicación (39 mm x 50%). En un suelo más liviano se deberá regar más seguido que en aquellos más pesados (Figura 4).

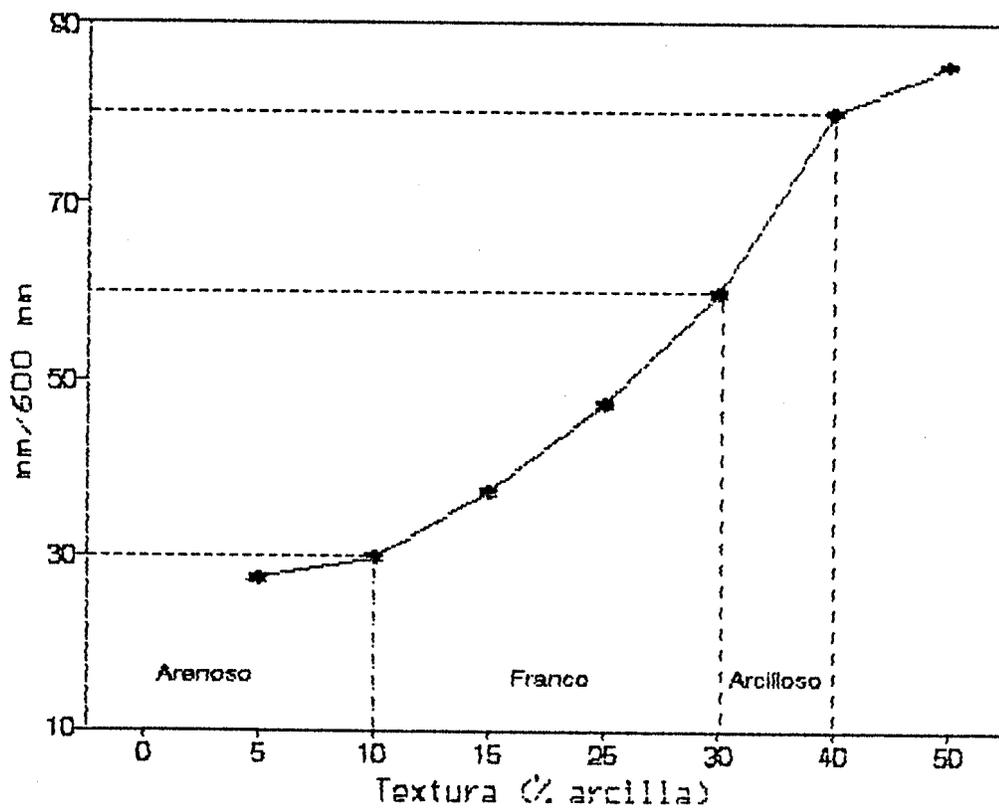


FIGURA 4: Agua fácilmente disponible para paltes bajo diferentes texturas de suelo (DU PLESSIS, 1991).

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 usado (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 fruta aceptables y hay una reducción importante en la severidad de los ataques de *Phytophthora* (DU PLESSIS, 1991; WHILEY et al., 1988; 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).

### 2.1.5. Evapotranspiración del cultivo (ETc) y evapotranspiración 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:

$$ETo = Eb * Kb \text{ (mm/día)} \quad (3)$$

en que Kb para las condiciones de Quillota se resumen en el Anexo 1 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:

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (\text{mm/día}) \quad (4)$$

Los  $K_c$  se obtienen en forma experimental y resumen el comportamiento de los cultivos en el sistema suelo-planta-atmósfera e integran 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  $K_c$  varía a través del ciclo fenológico tomando los mayores valores cuando el cultivo alcanza su máximo índice de área transpirante. Como el  $K_c$  se obtiene en forma experimental, es particular para cada uno de los cultivos y para las condiciones en que se obtuvo. El valor  $K_c$  representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produce rendimientos máximos (DIAZ, 1988; DOOREMBOS y PRUIT, 1986).

ADATO y LEVINSTON (1988) determinaron en Israel que usando un  $K_c$  de 0,46 y regando con goteros en forma intermitente, se lograron mejores efectos en las cosechas que usando un  $K_c$  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 al 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 y 0,39 a partir de registros históricos de mediciones del potencial mátrico hechas con tensiómetros. Los ensayos practicados en el 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 (ET<sub>p</sub>) de un cultivo de poáceas alrededor de la estación meteorológica y la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub> de paltos). Los K<sub>c</sub> determinados presentan un comportamiento simétrico a medida que avanza la temporada a partir de primavera hasta el periodo de máxima demanda en verano (K<sub>c</sub> = 0,55 en junio y julio en el hemisferio norte) para volver a disminuir hacia el otoño e invierno (K<sub>c</sub> = 0,35 en enero). Al cabo de tres

años de evaluación económica los mayores beneficios se obtuvieron al regar con el 100% de la ETC (TAKELE et al., 1991).

CUADRO 1: Coeficientes de cultivo (Kc) para paltos, obtenido de los datos de CIMIS, 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).

#### 2.1.6. Ventajas y desventajas en el uso de tensiómetros y bandejas evaporimétricas.

Desde un 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.

El uso de los datos proporcionados por las 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.

Los  $K_c$  se basan en la relación existente entre las necesidades de agua del cultivo y el clima de una zona y un período 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  $K_c$  no entrega información sobre los niveles de retención de agua del suelo o la planta, pero presenta la ventaja 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  $K_c$  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).

#### 2.1.7. Sistemas de riego en paltos.

El sistema de riego elegido en un huerto de paltos debe ser diseñado para cubrir los requerimientos máximos de agua tan frecuentemente como las plantas lo requieran. Es así como los sistemas tecnificados permiten controlar de mejor forma situaciones de excesos o déficit hídricos en las plantas. Dentro del diseño deben considerarse aquellos meses de mayor demanda atmosférica de modo que el equipo logre reponer una lámina igual a la evapotranspirada. También deben considerarse el tipo de suelo en cuanto a su capacidad de retención de humedad y velocidad de infiltración.

En orden de eficiencia los sistemas más usados son los surcos (50%), los aspersores (60%), los microaspersores (80%), los microjets (80%) y los goteros (hasta un 85%)

en que se debe considerar la uniformidad, los usos alternativos (fertigación y quemigación) y la relación beneficio/costo.

Durante los primeros años de crecimiento de las plantas los riegos por aspersión o microaspersión son hasta un 35% menos eficientes que los goteros ya que se ven afectados por el viento y ramas bajas que presente el cultivo y por la mayor superficie evaporante expuesta por el suelo. Además, mojan sectores en que no hay raíces aumentando los problemas derivados de las malezas demandando más trabajo y aumentando la incidencia de algunas enfermedades. El uso de microjets y goteros requiere en algunos casos de menores presiones de trabajo que los microaspersores, aunque estos últimos se prefieren por su facilidad de monitoreo y por mojar una mayor superficie lo que favorece a los árboles de palto adultos y disminuye los costos de inversión. Los goteros, a diferencia de los microaspersores y los microjets, requieren una buena calidad del agua ya que puede ser una limitante para su uso demandando trabajo extra en la revisión por obturaciones debido a la precipitación de sales y sedimentos (BRENDLER y SAKOVICH, 1988; TOUNEY, 1984; GUSTAFSON, 1982).

Las diferencias reales entre usar algún tipo de aspersores o goteros en árboles adultos se presentan cuando el costo del agua no hace posible el uso de los primeros. Investigaciones indican que se requieren de ocho a diez goteros por árbol, a diferencia de microaspersión que requiere dos o tres. La mayoría de los sistemas usados son menos eficientes que los que se describen teóricamente debido a la falta de habilidad del agricultor para manejarlos. Si se analizan las cosechas de los árboles de palto regados con goteros o microaspersores no se encuentran grandes diferencias y sólo se obtendrá una reducción en los costos de manejo del sistema si se trabaja en forma sofisticada (TOUMEY, 1981).

El uso de riego tecnificado requiere del apoyo de tensiómetros o bandejas evaporimétricas para calcular la frecuencia y los tiempos de riego de modo de aumentar al máximo la eficiencia en el uso del agua (de un 25 a un 40% comparado con riego tradicional por surcos) (TOUMEY, 1984a; TOUMEY 1984b).

### 3. MATERIAL Y METODO

#### 3.1. Ubicación:

La investigación se llevó a cabo con la información recopilada en dos sectores distantes 4 km entre sí. Estos fueron el huerto de la Sociedad Agrícola "Huerto California" en el sector San Isidro y la "Estación Experimental La Palma" de la Universidad Católica de Valparaíso en el sector La Palma, en la provincia de Quillota, V Región, Chile. Esto corresponde a 32°50' latitud sur y 71°13' longitud oeste.

#### 3.2. Definición del área de la investigación:

##### 3.2.1. Clima.

El clima de Quillota corresponde a clima mediterráneo y se ubica en la región 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 Köppen,

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. El período libre de heladas es de 9 meses, de septiembre a mayo. 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).

La zona correspondiente a la cuenca del río Aconcagua presenta grandes oscilaciones en las temperaturas diarias. Esta amplitud, que se traduce en la inexistencia de períodos prolongados de calor o frío, debe explicarse por la influencia de la cordillera de

Los Andes (MARTINEZ, 1981).

La hoya del río Aconcagua tiene precipitaciones de tipo ciclónico y orográfico. Las de origen ciclónico frontal se generan por desplazamientos de masas de aire hacia las zonas de baja presión atmosférica (ciclones). El aire tiende a elevarse condensándose y generándose así la lluvia. Las segundas se producen por ascenso y condensación de masas de aire debido a barreras orográficas (MARTINEZ, 1981).

La humedad relativa en 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).

### 3.3. Obtención de los registros:

#### 3.3.1. Registros de riego.

Las frecuencias y los tiempos de riego se obtuvieron de los datos acumulados en dos cuarteles (Tranque y Central) de un huerto de paltos perteneciente a la Sociedad Agrícola Huerto California entre septiembre de 1986 y marzo de 1992. A partir de septiembre de 1988 la

programación de los riegos fue hecha en base a tensiómetros. En el cuartel Tranque, las cápsulas porosas se ubicaron a 30 y 60 cm de profundidad y en el cuartel Central sólo una a 30 cm. Para el análisis se calcularon los intervalos de riego promedio mensuales para cada cuartel y las mediciones promedio mensuales de los niveles de humedad del suelo.

Los dos cuarteles de riego analizados disponen de distintos emisores. El sector Central presenta microaspersores con un gasto de 90 l/hr y un diámetro de mojado de 8 m y el sector Tranque dispone de microaspersores con un gasto de 60 l/hr con un diámetro de mojado de 6 m. El número de microaspersores por árbol en cada sector fue de 2 y 3, respectivamente.

### 3.3.2. Registros climatológicos.

Para proceder a la determinación de los coeficientes de cultivo para paltos cv. Hass se recopilaron los datos climatológicos de que dispone la estación meteorológica de la Estación Experimental La Palma de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso. Se obtuvieron los datos de evaporación de bandeja Clase A, la pluviometría y las temperaturas máximas y mínimas a

partir del año 1986 hasta marzo de 1992.

### 3.3.3. Registros del ciclo fenológico del palto.

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

### 3.4. Caracterización del suelo del huerto de paltos.

Los dos cuarteles de los cuales se obtuvieron los registros de riego están ubicados en un piedmont. El cuartel Tranque se encuentra en una posición más alta y con mayor pendiente que el sector Central. Mediante calicatas ubicadas en cada uno de los cuarteles, equidistantes a los emisores, baterías de tensiómetros y tronco de los árboles, se realizó la descripción del perfil y determinación de la distribución de las raíces en profundidad.

3.5. Estimación de la lámina de agua retenida por el suelo.

Se estimaron las láminas de agua retenidas por el suelo de cada cuartel a 30 y 60 cm de profundidad usando la siguiente expresión:

$$D = \frac{A * B * C}{E * 100} \quad (5)$$

en que D es la lámina de agua retenida hasta a la profundidad B del suelo (cm), A es la densidad aparente del suelo,  $D_a$  (gr/cc), B es la profundidad de la muestra de suelo (cm), C es el contenido de humedad (% p/p) y E es la densidad del agua (gr/cc).

Se determinó la densidad aparente ( $D_a$ ) para lo cual se usó un barrenado de tarro con el que se extrajo una porción de suelo de la primera estrata de cada cuartel, la cual se pesó y secó en un horno a 105°C por 48 horas. El hueco en el suelo se cubrió con una lámina de polietileno para evitar la infiltración de agua, con la cual se determinó el volumen de éste. Con los datos obtenidos se calculó la  $D_a$  (gr/cc) usando la siguiente expresión:

$$D_a = \frac{\text{Masa de la porción de suelo (gr)}}{\text{Volumen aparente de la porción de suelo (cc)}} \quad (6)$$

Se determinó la granulometría y la curva característica de humedad para cada uno de los cuarteles. Se tomaron muestras de suelo a 30 y 60 cm de profundidad y se enviaron a los laboratorios de suelos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Los análisis realizados determinaron la curva de retención de humedad en cinco diferentes puntos: 0, 10, 20, 25 y 40 KPa.

### 3.6. Cálculo de los coeficientes de cultivo (Kc):

Los registros de riego y clima fueron ordenados a partir de junio, de modo de uniformar el ciclo de riego de una temporada.

Los coeficientes de cultivo (Kc) correspondientes se calcularon a partir de la siguiente expresión:

$$K_c = \frac{E_{Tc}}{E_{T0}} \quad (7)$$

en que  $E_{Tc}$  (mm/mes) corresponde a la evapotranspiración del cultivo, calculada según la siguiente fórmula:

$$ETc = LB * 0.8 \quad (8)$$

en que LB corresponde al promedio mensual de la lámina bruta real de riego (mm) y el coeficiente corresponde a la eficiencia teórica del sistema de riego por microaspersión. ETo (mm/mes) se calcula con la siguiente expresión:

$$ETo = Eb * Kb \quad (9)$$

en donde Eb es la evaporación de una bandeja Clase A (mm/mes) y Kb es el coeficiente de bandeja.

### 3.7. Análisis de los resultados:

Los valores de la ETo mensuales de cada uno de los cuarteles se correlacionaron con la ETo con un nivel de significancia del 5%.

Se correlacionaron las ETo de cada uno de los cuarteles con las producciones y las tasas de crecimiento vegetativo y radicular con niveles de significancia del 5 y 10%.

Se analizó la influencia del clima durante las etapas de

floración y cuaja con el fin de determinar su efecto en las producciones de cada cuartel.

Se determinaron la relaciones entre las condiciones locales de ambos cuarteles en el uso del recurso hídrico.

#### 4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

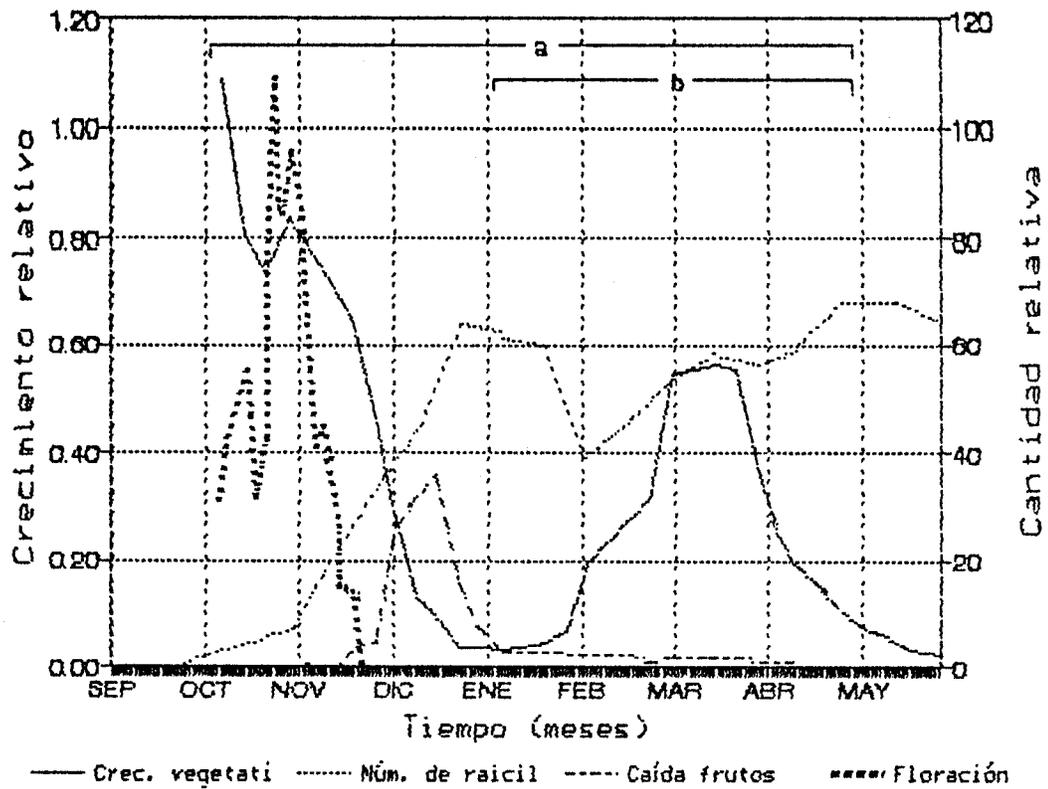
##### 4.1. Análisis de los registros de temperatura:

De los registros de temperatura de la estación meteorológica se desprende que durante octubre y noviembre de los años 1986 a 1991 las temperaturas mínimas no fueron inferiores a 3°C ni superiores a 32,4°C. Las temperaturas mínimas promedio durante octubre y noviembre fueron de 8,2 y 9,1°C. ZAMET (1991) indica que durante la floración y cuaja períodos de 5 a 6 días con temperaturas mínimas de 10°C o mayores a 45°C correlacionan con niveles de producción bajos. MARTINEZ (1981) describe para la zona agroclimática de Quillota la ausencia de períodos prolongados de bajas y altas temperaturas. Al correlacionar las producciones y las temperaturas mínimas durante el período de floración efectiva para cada temporada en la zona de Quillota, V Región, no se encontró una asociación lineal. Por lo tanto, aunque la dicogamia tipo A no se presente (HERNANDEZ, 1991) la producción bajo las condiciones climáticas de Quillota debería estar asegurada.

#### 4.2. Análisis del riego:

A partir de octubre y hasta junio los fenómenos que más claramente explican la ETC en paltos son: la demanda atmosférica (ET<sub>a</sub>) y el aumento en la tasa de crecimiento de raíces superficiales, producto del alza en las temperaturas de suelo. Los valores de correlación al 5% de significancia fueron de 0,96 y 0,95, respectivamente.

Lo anterior tiene relación con lo expresado por SALGADO (1991) quién indica que la cantidad de agua requerida para satisfacer la transpiración, depende en primer lugar de las condiciones ambientales y las necesidades de uso de las plantas. Al respecto, WHILEY *et al.* (1988) indican que con el aumento progresivo de las temperaturas del suelo al avanzar la primavera y el 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 (Figura 5) .



a = Período crítico.

b = Etapa crítica en el manejo del agua.

FIGURA 3: Períodos críticos en el ciclo fenológico de paltos cv. Hass determinado para la zona de Quillota, V Región (HERNANDEZ, 1991).

Al comparar las curvas de las ETC de los cuarteles Tranque y Central en la Figura 6, se desprende que aunque las láminas mensuales son mayores en el primero, las demandas siguen una tendencia similar. La brusca disminución de las demandas hídricas de ambos cuarteles, en el período en que comienza el crecimiento acelerado de los frutos descrito por TELLO (1990) (Figura 3), ocurre en los momentos en que se produce la senescencia y caída de hojas viejas (GARDIAZABAL, 1992)\*. 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; WHILEY, 1990b).

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

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

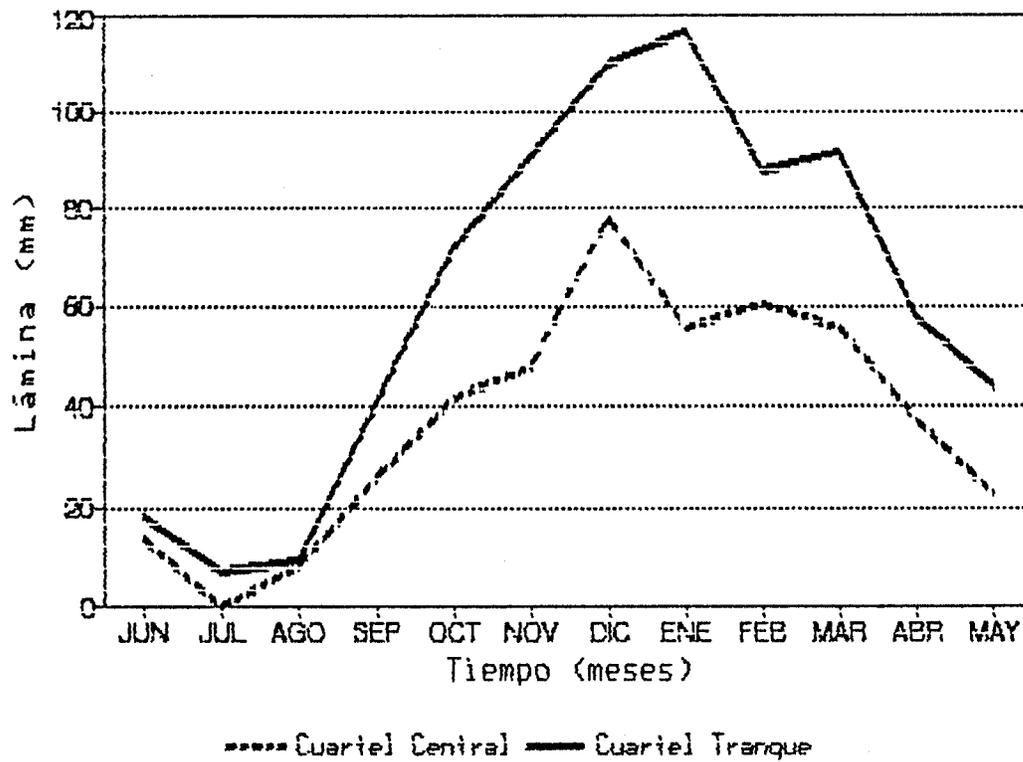


FIGURA 6: ETC promedio mensual (mm) de dos cuarteles de riego, Huerto California, Quillota, V Región.

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 pueden disminuir el peso promedio de los frutos, reduciendo sustancialmente las cosechas (Anexo 8) (WHILEY, 1990b).

A partir de diciembre y hasta abril, el cuartel Tranque presentó una asociación lineal al 10% de significancia de 0.73 entre la tasa de crecimiento de los brotes y la ETC. Esta situación no concuerda al analizar la disminución de las temperaturas ambientales y el aumento progresivo de la humedad relativa al acercarse el invierno. Esto indica que aunque las demandas atmosféricas se redujeron, las tasas de riego se mantuvieron altas durante el segundo período de crecimiento de los brotes. Esto se explicaría en la intención del productor por detener la caída de frutos durante el período de crecimiento acelerado de éstos y a buscar un gran crecimiento para obtener calibres exportables. Esta situación disminuyó el intervalo de los riegos de 6 a 5 días por un período muy prolongado (Cuadro 2).

CUADRO 2: Frecuencia de riego y tensiones promedio mensuales de dos cuarteles de paltos, Quillota, V Región (1988 - 1992).

| Mes                 | C. Tranque                 |               |       | C. Central                 |                     |
|---------------------|----------------------------|---------------|-------|----------------------------|---------------------|
|                     | Frecuencia de riego (días) | Tensión (kPa) |       | Frecuencia de riego (días) | Tensión 30 cm (kPa) |
| Jun                 | 12                         | 13            | 17    | 12                         | 10                  |
| Jul                 | 15                         | 14            | 21    | 30                         | -                   |
| Ago                 | 20                         | 15            | 26    | 10                         | 14                  |
| Sep                 | 12                         | 15            | 31    | 13                         | 17                  |
| Oct                 | 7                          | 11            | 33    | 9                          | 13                  |
| Nov                 | 6                          | 10            | 30    | 10                         | 17                  |
| Dic                 | 6                          | 11            | 31    | 6                          | 18                  |
| Ene                 | 5                          | 9             | 34    | 8                          | 17                  |
| Feb                 | 6                          | 9             | 37    | 6                          | 16                  |
| Mar                 | 7                          | 10            | 37    | 8                          | 17                  |
| Abr                 | 10                         | 12            | 29    | 12                         | 12                  |
| May                 | 10                         | 12            | 17    | 15                         | 10                  |
| Promedio            | 9.58                       | 11.75         | 28.58 | 11.58                      | 13.42               |
| Promedio Per. crít. | 6.86                       | 10.71         | 33.29 | 8.57                       | 16.43               |

Al relacionar las láminas de riego aplicadas cada año con sus respectivas producciones no se obtuvo una asociación lineal en ninguno de los cuarteles analizados. WHILEY, RASMUNSSSEN y SARANAH (1991) coinciden con SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985), en que tanto las producciones bianuales 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

brotos, aumentando el tamaño, la eficiencia de la fotosíntesis y la superficie evaporante de la planta, generando una mayor demanda inmediata por agua. La acumulación de carbohidratos permitirá, para la siguiente temporada, retener una mayor cantidad de frutas al haber menor competencia por los recursos nutricionales generándose una gran demanda hídrica.

La incidencia de las producciones bianuales es muy marcada en cada uno de los cuarteles estudiados. Sin embargo, en el cuartel Central durante las temporadas 1990/91 y 1991/92 este fenómeno no se presentó (Cuadro 3). Esto pudo ser consecuencia directa 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 de vecería.

En cuanto al riego, las láminas de 530 a 557 mm aportadas durante las temporadas 89/90 y 90/91 en el cuartel Central (Cuadro 3), asegurarían niveles óptimos de producción, siempre y cuando se coseche temprano en la temporada para evitar el desprendimiento de fruta provocado por la competencia. Sin embargo, podrían requerirse láminas menores, lo que queda de manifiesto

en la temporada 1987/88 donde la lámina aplicada fue de sólo 375.8 mm presentándose la mayor producción del período evaluado.

LAHAV y KALMAR (1983) y KURTZ, GUIL y KLEIN (1991) en Israel y GUSTAFSON *et al.* (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.

CUADRO 3: Producción total por temporada de palto cv. Hassa (Ton/ha) y láminas netas de riego (mm), en dos cuarteles, Quillota, V Región.

| Temporada | Cuartel Tranque        |                   | Cuartel Central        |                   |
|-----------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
|           | Producción<br>(Ton/ha) | Lám.riego<br>(mm) | Producción<br>(Ton/ha) | Lám.riego<br>(mm) |
| 86 - 87   | 29.0                   | 754.4             | 13.9                   | 375.8             |
| 87 - 88   | 2.3                    | 713.9             | 1.3                    | 375.8             |
| 88 - 89   | 25.2                   | 888.7             | 23.3                   | 591.8             |
| 89 - 90   | 0.5                    | 862.9             | 2.1                    | 529.9             |
| 90 - 91   | 29.9                   | 782.0             | 19.5                   | 557.3             |
| 91 - 92   | 1.2                    | 461.8             | 20.7                   | 239.5             |
| Total     | 88.1                   | 4463.7            | 80.8                   | 2670.1            |
| Promedio  | 14.7                   | 743.9             | 13.4                   | 445.0             |

(La producción de una temporada se explica con el riego de la temporada anterior)

En el Cuadro 3 se puede observar una tendencia no significativa al comparar las láminas de riego y los

niveles de producción acumulados durante los seis años, que indicaría que, con láminas de riego altas (4463.7 m<sup>3</sup>/ha) se obtendrían mayores cosechas. Este mismo efecto fue descrito por MEYER et al. (1990) en que láminas del 120% de la ETC produjeron mayores cosechas acumuladas. Aunque en Chile no se han publicado estudios que determinen la incidencia de los costos del agua en la rentabilidad del cultivo de paltos, sobre esta experiencia TAKELE et al. (1991) determinaron que aunque se obtuvieron mayores producciones regando con el 120% de la ETC la rentabilidad del cultivo fue mayor regando con el 100% de la ETC. Esto querría decir que el riego en paltos está sujeto a la ley de los rendimientos decrecientes.

Las mayores ETC del cuartel Tranque podrían atribuirse a la mayor altura y pendiente que permiten una mejor insolación y temperaturas promedio más altas que el cuartel Central. Esto favorece las temperaturas ambientales y de suelo lo que aumentaría las demandas del medio. Por otro lado, disminuiría la eficiencia del riego ya que favorecería las pérdidas por escurrimiento, evaporación y percolación profunda al no ajustar la carga de agua a la velocidad de infiltración.

De igual forma, las condiciones de textura y profundidad de los suelos incrementarían las diferencias en las ETC entre los dos cuarteles. Al comparar la granulometría (Anexo 5) se aprecia que el cuartel Central presenta texturas más finas y una mayor profundidad efectiva lo que permite una mayor acumulación de humedad en comparación con el cuartel Tranque (LAHAV y KALMAR, 1983). El efecto de la textura en la retención de humedad puede observarse en las respectivas curvas características de humedad en que a iguales tensiones es el cuartel Central el que almacena una mayor cantidad de agua (Figura 7). 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.

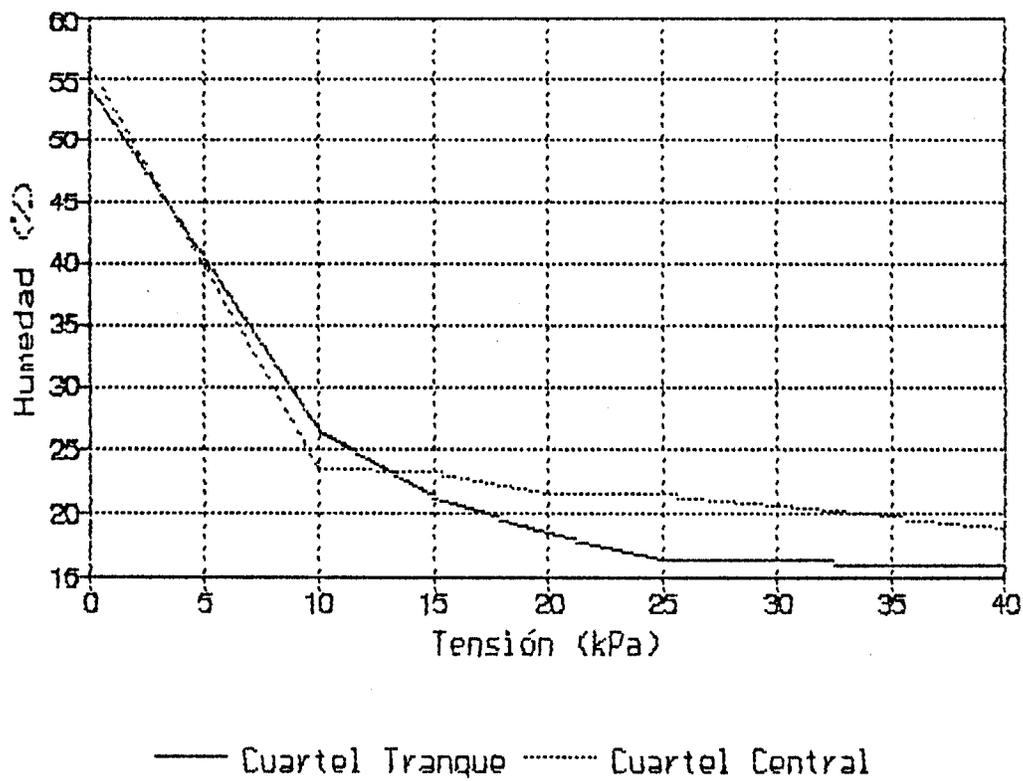


FIGURA 7: Curvas características de humedad, de dos cuarteles de palto, Huerto California, Quillota, V Región.

#### 4.3. Coefficientes de cultivo (Kc):

Los coeficientes de cultivo estimados a partir de los valores de ETC y ETO en los cuarteles Tranque y Central se presentan a continuación.

CUADRO 4: Coeficientes de cultivo para palto (Kc), estimados a partir de ETO y ETC para la zona de Quillota, V Región.

| MESES      | Kc              | Kc              |
|------------|-----------------|-----------------|
|            | Cuartel Central | Cuartel Tranque |
| Junio      | 0.64            | 0.83            |
| Julio      | 0.00            | 0.25            |
| Agosto     | 0.27            | 0.31            |
| Septiembre | 0.52            | 0.82            |
| Octubre    | 0.54            | 0.92            |
| Noviembre  | 0.54            | 1.00            |
| Diciembre  | 0.65            | 0.91            |
| Enero      | 0.43            | 0.91            |
| Febrero    | 0.63            | 0.91            |
| Marzo      | 0.56            | 0.91            |
| Abril      | 0.61            | 0.93            |
| Mayo       | 0.73            | 1.40            |

(El grado de asociación para las variables ETC y ETO para el cuartel Tranque es de 0,96 y para el cuartel Central 0,93 con un nivel de significancia del 5%)

Al comparar las producciones y láminas de ETC acumuladas durante seis años en ambos cuarteles, se observa que en el cuartel Tranque se requirió de un 40% más de agua para producir sólo un 8.3% más de fruta. En concordancia con las investigaciones hechas por MEYER et al. (1990) y TAKELE et al. (1991) en California y

LAHAV y KALMAR (1983) en Israel, quienes indican que aunque el riego en abundancia aumentaría las cosechas acumuladas, el costo de la energía que significa el riego, no justifica mayores cosechas. Si a ese factor se agrega los altos índices de "vecería" y la gran variabilidad pluviométrica entre las temporadas invernales que enmascaran los efectos del riego, sobreestimándolos, hacen difícil determinar láminas y coeficientes que reflejen las necesidades netas reales de agua en paltos cv. Hasta bajo las condiciones descritas (DURAND y DU PLESSIS, 1990; LOVATT, 1990; WHILEY, 1990b; BOWER, CUTTING y VAN LELYVELD, 1986).

En base a los antecedentes recopilados y el análisis de las condiciones imperantes en el huerto de paltos, se puede establecer que con las láminas y los coeficientes de cultivo estimados, dentro del período crítico (octubre a marzo), y bajo las condiciones del cuartel Central, se obtendrían producciones aceptables (MEYER et al., 1990).

El control de las producciones bianuales, la asfixia y la pudrición de raíces pueden ser determinantes en la reducción en las tasas de riego y los costos directos que genera el mayor gasto de energía y recursos (DU PLESSIS, 1991; TAKELE et al., 1990; WHILEY, 1990a;

WHILEY, 1990b; KALMAR y LAHAV, 1976).

En consecuencia, durante el período crítico, las láminas de riego debieran ser aplicadas en forma muy controlada, en especial durante el período de floración, cuaja e inicio del crecimiento de brotes, en que los riegos no debieran provocar largos períodos de anaerobiosis en el suelo. Intervalos de riego largos favorecerían la aireación para los procesos de respiración y aumentarían las temperaturas de suelo, activando el crecimiento radicular y reduciría la incidencia de ataques de *Phytophthora* (DU PLESSIS, 1991; LAHAV y KALMAR, 1983). Del mismo modo, el control de malezas y la eliminación de hojas desde el suelo durante primavera, ayudará a reducir el riesgo de heladas y aumentará la conductividad térmica hacia la zona de crecimiento radicular. Estos factores mantendrían un nivel de absorción de agua alto en los momentos en que empieza a generarse una competencia por los recursos muy fuerte, evitando el aborto de frutos por la muerte del embrión y aumentando las posibilidades de cosechas abundantes (LOVATT, 1990; WHILEY et al., 1988; WHILEY et al., 1987).

A partir del final del período de caída de frutas descrita por LOVATT (1990) la mantención de niveles

óptimos de humedad en el suelo regando en forma intermitente aumentaría los niveles de retención de fruta. Además, se evitaría la caída prematura de hojas durante el primer período de crecimiento de los frutos, entendiéndose que son fuente de carbohidratos mientras las hojas nuevas se desarrollan. Es por esto que para mantener la calidad de los frutos y llegar a calibres comerciales en forma anticipada es importante que al empezar el crecimiento acelerado de los frutos, la caída de hojas viejas y el segundo período de crecimiento de brotes las tasas de riego se mantengan altas. Esto permitirá cosechar temprano y romper los ciclos de producciones bianuales (WHILEY, RASMUNSSSEN y SARANAH, 1991; SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985; LAHAV y KALMAR, 1983).

La aplicación de los coeficientes de cultivo estimados durante el período crítico debieran evaluarse en condiciones de campo acompañados de baterías de tensiómetros que estimen el nivel de humedad del suelo para evitar la sobresaturación o el déficit hídrico a nivel de las raíces. La mantención de tensiones entre -10 KPa y -25 KPa aseguran las condiciones para un óptimo desarrollo del sistema radicular (DU PLESSIS, 1991; DURAND y DU PLESSIS, 1990; DURAND y DU PLESSIS, 1988).

## 5. CONCLUSIONES

No se encontró 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. La competencia por recursos limitados entre los frutos y el crecimiento vegetativo, influenciados en alguna medida por el riego y las lluvias, estarían avalando esta situación.

Se determinó que, para el período libre de lluvias, la atmósfera ejerce las mayores demandas por agua, seguida por el aumento en la capacidad de absorción de la planta.

Se estimaron los coeficientes de cultivo en dos cuarteles de riego, determinándose que las condiciones particulares de cada uno afectan directamente estos valores.

En consecuencia, tanto la vecería como la irregularidad pluviométrica invernal y las condiciones particulares de los cuarteles de riego analizados enmascaran las demandas netas por agua de las plantas imposibilitando la determinación de un coeficiente de cultivo real o confiable.

## 6. RESUMEN

Con los registros climáticos tomados de la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso en Quillota y los datos de riego acumulados durante un período de seis años en la misma zona, se intentó verificar la posibilidad de correlacionar las temperaturas y láminas de riego con las producciones y el ciclo fenológico en paltos (Persea americana Mill.) cv. Hass. Además, se determinaron los coeficientes de cultivo (Kc) para cada mes en dos cuarteles de riego basándose en las láminas netas aportadas (ETc) con microaspersores y las evaporadas desde una bandeja Clase A (ETo).

Se determinó que bajo las condiciones de Quillota, V Región, Chile, las temperaturas mínimas durante el período de floración efectiva no son una limitante para la polinización y cuaja. También se determinó que la vejería causada por un retraso en las cosechas, las bajas temperaturas de suelo durante el primer período de crecimiento acelerado de raíces y las condiciones particulares de suelo, topografía y riego de cada cuartel son los principales factores que afectan la determinación de las mejores láminas de riego.

Se estableció que con láminas netas anuales de riego de 445 mm, pluviometrías invernales cercanas a los 300 mm y evaporación de bandeja de 1300 mm se obtendrían niveles de producción aceptables, sin descartar que láminas de riego menores puedan ser usadas con iguales resultados.

Se determinaron los Kc siendo éstos muy variables mes a mes durante el período crítico. Kc cercanos a 0.50 durante primavera, 0.65 durante el verano y 0.55 hacia otoño se asociarían a buenas producciones. Sin embargo, su confiabilidad está sujeta a las condiciones particulares en las que fueron calculadas.

## 7. LITERATURA CITADA

- ABERCROMBIE, R.A. 1990. Soil requirements for avocado cultivation. Farming in South Africa. 2p (Avocados B.2.).
- ADATO, I. and LEVINSTON, B. 1988. Influence of daily intermittent drip irrigation on avocado (cv. Fuerte) Fruit yield and trunk growth. J-Hortic-Sci. '63 (4):675-685.
- ARPAIA, M.L. and EAKS, I. 1990. Avocado fruit quality as influenced by preharvest cultural practices. California Avocado Society Yearbook pp. 35-42.
- BENDER, G.S. 1988. Avocado research; a Progress report. California Grower 12 (7):21-25.
- ; and SAKOVICH, N. 1988. Evaluation of water distribution by minisprinklers operated without Overlap. California Grower 12 (3):7-8.
- BORST, G. 1984. Strategy for drought: reduce water use, improve efficiency. Avocado Grower 8 (8):30-31.
- BORYS, 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.
- BOWER, J.P.; CUTTING, J.G.M. 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 of Long-Term irrigation regime on avocado fruit polyphenol oxidase browning potential. South Africa Avocado Growers' Association Yearbook 9:51-53.
- BRENDLER, R.A. and SAKOVICH, F.A. 1988. Evaluation of water distribution by minisprinklers operated without overlap. California Grower 8: 7-9.

- CAMACHO, S.E., HALL, A.E. and KAUFFMANN, M.R. 1974. Efficiency and regulation of water transport insome woody and herbaceous species. *Plant Physiology* 54: 169-172.
- DEVLIN, R.M. 1980. *Fisiología Vegetal*. Tercera edición. Barcelona, Omega. 517 p.
- 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. Tercera edición. Roma, FAO. 190 p. (Colección de Riego y Drenaje N°24).
- DURAND, B.J. and DU PLESSIS, S.F. 1990. Irrigation of avocado orchards. *Farming in South Africa*. 2p (Avocados F.1.).
- ENGLE, M.M. 1988. Efficient irrigation, saves water. *California Grower* 12 (8):12-13,21,28.
- ENGLER'S, A. 1964. Syllabus, der pflanzenfamilien, Vol II, Angiospermen Übersicht, Gebruder Borntraeger. Berlin-Nikolassee. 666 p
- ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. 1972. Relación entre suelo-agua-planta. Diana, México. 99 p. (Manual de Ingeniería de Suelos, Sección 15: Riego).
- GARDIAZABAL, F. y ROSENBERG, G. 1991. Cultivo del palto. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 201 p.
- GOODALL, G.E. 1987. Shots Control Root rot, say Scientists, *California Grower* 11 (8):23-29.
- GRAHAM, A.D.N. and WOLSTENHOLME, B.N. 1991. Preliminary Results on the influence of late hanging of Hass avocados (*Persea americana* Mill) on tree performance. *South African Avocado Growers' 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.
- GUSTAFSON, C. 1976. Avocado water relations. California Avocado Society Yearbook 60:57-72.
- ; 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. 112p.
- KALMAR, D. and LAHAV, E. 1977. Water requirements of avocado in Israel. I Tree and soil parameters. Australian Journal Agriculture Research 28:859-868.
- 1984. The water requirements of an avocado orchard planted on clay soil and irrigation by drip irrigation. Israel, Netafim. 14p (The Use of Drip Irrigation in Subtropical, Tropical & Citrus Fruit Orchards N°15).
- 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 Research 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.
- LYMAN, B. 1982. Irrigation Analysis: Water: how much, how little, how many times? Avocado Grower 6 (6):28-33.

- LOVATT, C. J. 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. California Avocado Society Yearbook pp. 194-199.
- MAAS, E.M. and KOTZÉ, J.M. 1990. Recommendations for the control of root rot. South African Avocado Growers' Association Yearbook 13:6-7.
- 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.
- MARTINEZ, A.R. 1981. Proyecto de implantación de un sistema de riego tecnificado en la estación experimental "La Palma", Quillota. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 102p.
- MEYER, J.L.; ARPAIA, M.L.; YATES, M.V.; TAKELE, E.; BENDER, G., and WITNEY, G. 1990. Irrigation and fertilization management of avocados, research findings. California Avocado Society Yearbook pp. 71-83.
- MINAS, K.P. 1974-75. Pollen tube growth in avocados. California Avocado Growers' Association Yearbook pp.99-102.
- MUNOZ, A. J. 1988. Comparación del sistema radicular del aguacate bajo dos sistemas de riego: goteo y microaspersión. Tesis. Huelva, (España) Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola "La Rabida", Palos de la Frontera. 106 pp.
- NOVOA, R.; VILLASECA, R.; DEL CANTO, P.; ROANET, J.; SIERRA, C. y DEL POZO, A. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. Santiago, INIA. 221p.
- PARODI, L.R. 1959. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería; descripción de las plantas cultivadas. Buenos Aires, Acme 1: 385 p.
- PLESSIS, S.F. DU. 1991. Factors important for optimal irrigation scheduling of avocado orchards. South African Avocado Growers' Association Yearbook 14:91-93.
- 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. Vía del Mar (Chile) 2 - 5 Octubre de 1990. pp. 11-116.
- SALISBURY, F.B. and ROSS, C.W. 1984. Plant Physiology. Third edition. Ohio, Ohio State University. 540 p.
- SCHOLEFIELD, P.B.; 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.
- SLABBERT, M.J. 1987. A Comparison of irrigation scheduling by tensiometer versus evaporation pan. South Africa Avocado Growers' Association Yearbook 10:54-56.
- SOUTH AFRICA, DEPARTMENT OF AGRICULTURAL DEVELOPMENT. 1990. Irrigation systems for avocado orchards. Farming in South Africa. 3p (Avocados F.3.).
- 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. *Phytopatology* 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. 46 p.
- TOSSO, J. 1976. Determinaciones de evapotranspiración y coeficientes K para varios cultivos. *Agricultura Técnica* 36 (4):151-155.
- , 1981. Riego: Elementos fundamentales para su mejor uso. *Tecnología y Agricultura* 12:25-31.

- TOUMEY, J. 1981. Mist and Mini-Sprinklers continue to gain in groves. *Avocado Grower* 5 (12):15-17.
- . 1984a. New Irrigation methods dictate new rules for fertilizer programs. *Avocado Grower* 8 (1):12-14.
- ; 1984b. Efficiency is the key: researchers find that some mature trees may require 25-40 percent less water. *Avocado Grower* 8 (12):8-9.
- 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: 249-253.
- ; WOLSTENHOLME, B.N., SARANAH, J.B. y ANDERSON, P.A. 1987. Effect of root temperatures on growth of two avocado rootstock cultivars. Australia, Maroochy Horticultural Research Station. (Report N°5)
- ; 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.
- ; SARANAH, J.B.; CULL, B.W. and PEGG, K.G. 1988. Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. *Queensland Agriculture Journal* 114: 29-36.
- . 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. Viña del Mar (Chile) 2 - 5 Octubre de 1990. pp. H1-H14.
- . 1990b. Interpretación de la fenología y fisiología de palto para obtener mayores producciones. Curso Internacional de Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas. Viña del Mar (Chile) 2 - 5 Octubre de 1990. pp. E1-E25.

- ; and WOLSTENHOLME, B.N. 1990. Carbohydrate management in avocado trees for increased production. South African Avocado Growers' Association Yearbook 13:25-26.
- ; RASMUNSEN, T.S. and SARANAH, J.B. 1991. Effect of time of harvest on fruit size, yield and trunk starch concentrations of Fuerte avocados. World Avocado Congress II, 21 - 26 April 1991, Orange, California, USA. p. 9.
- WOLSTENHOLME, B.N. and WHILEY, A.W. 1991. Requirements for improved fruiting efficiency in the avocado tree. World Avocado Congress II, 21 - 26 April 1991, Orange, California. p. 61.
- ZAMET, D.N. 1990. The effect of minimum temperature on avocado yields. California Avocado Society Yearbook pp. 247-255.

**ANEXOS**

ANEXO 1: Datos climatológicos promedio, láminas de riego promedio y evapotranspiración de cultivo (ETc) en paltos cv. Hass, durante seis temporadas (1986 - 1992), Quillota, V Región.

| MES        | Evaporación<br>ban. Clase A |      | ETc<br>(mm/mes) | Precipitación<br>(mm/mes) | Lám. riego Lámina riego |                        | Eficiencia<br>sistema<br>riego | ETc                    |                        |
|------------|-----------------------------|------|-----------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|
|            | (mm/mes)                    | Kb   |                 |                           | C. Central<br>(mm/mes)  | C. Tranque<br>(mm/mes) |                                | C. Central<br>(mm/mes) | C. Tranque<br>(mm/mes) |
| Junio      | 28.70                       | 0.75 | 21.53           | 57.10                     | 17.10                   | 22.20                  | 0.8                            | 13.68                  | 17.76                  |
| Julio      | 35.80                       | 0.75 | 26.85           | 117.10                    | 0.00                    | 8.4                    | 0.8                            | 0.00                   | 6.72                   |
| Agosto     | 33.50                       | 0.75 | 29.63           | 70.80                     | 9.90                    | 11.50                  | 0.8                            | 7.92                   | 9.2                    |
| Septiembre | 67.00                       | 0.75 | 50.25           | 0.00                      | 32.40                   | 51.40                  | 0.8                            | 25.32                  | 41.12                  |
| Octubre    | 103.30                      | 0.75 | 77.48           | 0.00                      | 51.90                   | 89.30                  | 0.8                            | 41.52                  | 71.44                  |
| Noviembre  | 147.90                      | 0.60 | 88.74           | 0.00                      | 53.40                   | 113.10                 | 0.8                            | 47.52                  | 90.48                  |
| Diciembre  | 201.30                      | 0.60 | 120.78          | 0.00                      | 37.50                   | 137.60                 | 0.8                            | 78.00                  | 110.08                 |
| Enero      | 196.70                      | 0.65 | 127.86          | 0.00                      | 63.00                   | 146.10                 | 0.8                            | 55.20                  | 116.88                 |
| Febrero    | 148.10                      | 0.65 | 96.27           | 0.00                      | 75.90                   | 109.60                 | 0.8                            | 60.72                  | 87.68                  |
| Marzo      | 131.50                      | 0.75 | 98.63           | 0.00                      | 69.00                   | 114.60                 | 0.8                            | 55.20                  | 91.68                  |
| Abril      | 80.00                       | 0.75 | 60.00           | 0.00                      | 45.90                   | 71.60                  | 0.8                            | 36.72                  | 57.28                  |
| Mayo       | 41.40                       | 0.75 | 31.05           | 46.00                     | 28.40                   | 54.60                  | 0.8                            | 22.72                  | 43.68                  |
| Promedio   | 101.77                      | 0.71 |                 |                           | 46.37                   | 77.50                  |                                | 37.09                  | 62.00                  |
| Suma       | 1221.20                     |      | 829.04          | 231.00                    | 556.4                   | 930.00                 |                                | 445.12                 | 744.00                 |

ANEXO 2: Láminas de riego mensuales en dos cuarteles de palto, Huerto California, Quillota, V Región (1986 - 1992).

| RIEGO MENSUAL POR TEMPORADAS |       |       |       |       |       |        |       |        |       |       |       |       |                  |       |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|
| (mm)                         |       |       |       |       |       |        |       |        |       |       |       |       |                  |       |
| MES                          | 86/87 |       | 87/88 |       | 88/89 |        | 89/90 |        | 90/91 |       | 91/92 |       | PROMEDIO MENSUAL |       |
|                              | A     | B     | A     | B     | A     | B      | A     | B      | A     | B     | A     | B     | A                | B     |
| JUN                          | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 16.1  | 18.0  | 23.0   | 37.8  | 20.7   | 46.8  | 73.6  | 0.0   | 0.0   | 17.1             | 22.2  |
| JUL                          | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 18.4   | 0.0   | 18.4   | 0.0   | 13.8  | 0.0   | 0.0   | 0.0              | 8.4   |
| AGO                          | 0.0   | 0.0   | 5.4   | 6.9   | 0.0   | 0.0    | 0.0   | 0.0    | 50.4  | 62.1  | 3.6   | 0.0   | 9.9              | 11.5  |
| SEP                          | 43.2  | 69.0  | 0.0   | 16.1  | 41.4  | 71.3   | 48.6  | 62.1   | 57.6  | 69.0  | 3.6   | 20.7  | 32.4             | 51.4  |
| OCT                          | 73.8  | 128.8 | 12.6  | 20.7  | 77.4  | 147.2  | 59.4  | 101.2  | 75.6  | 115.0 | 12.6  | 23.0  | 51.9             | 89.3  |
| NOV                          | 30.6  | 87.4  | 73.8  | 121.9 | 93.6  | 124.2  | 64.8  | 156.4  | 75.6  | 115.0 | 18.0  | 73.6  | 59.4             | 113.1 |
| DIC                          | 68.4  | 154.1 | 106.2 | 161.0 | 108.0 | 195.5  | 108.0 | 138.0  | 144.0 | 142.6 | 50.4  | 34.5  | 97.5             | 137.6 |
| ENE                          | 59.4  | 149.5 | 75.6  | 163.3 | 97.2  | 135.7  | 64.8  | 142.6  | 79.2  | 142.6 | 37.8  | 142.6 | 69.0             | 146.1 |
| FEB                          | 70.2  | 110.4 | 55.8  | 96.6  | 111.6 | 121.9  | 97.2  | 131.1  | 57.6  | 101.2 | 63.0  | 96.6  | 75.9             | 109.6 |
| MAR                          | 61.2  | 138.0 | 57.6  | 138.0 | 106.2 | 154.1  | 88.2  | 115.0  | 54.0  | 64.4  | 46.8  | 78.2  | 69.0             | 114.6 |
| ABR                          | 41.4  | 78.2  | 45.0  | 75.9  | 77.4  | 85.1   | 39.6  | 87.4   | 32.4  | 41.4  | 39.3  | 61.3  | 45.9             | 71.6  |
| MAY                          | 21.6  | 27.6  | 37.8  | 75.9  | 9.0   | 34.5   | 54.0  | 105.8  | 23.4  | 36.8  | 24.3  | 46.8  | 28.4             | 54.6  |
| Sum                          | 469.8 | 943.0 | 469.8 | 892.4 | 739.8 | 1110.9 | 662.4 | 1078.7 | 696.6 | 977.5 | 299.4 | 577.3 | 556.3            | 930.0 |
| Prod                         | 13.9  | 29    | 1.3   | 2.3   | 23.3  | 25.2   | 2.1   | 0.5    | 13.5  | 29.9  | 20.7  | 1.2   | 13.4             | 14.7  |

A : SECTOR CENTRAL

B : SECTOR TRANQUE

ANEXO 3: Temperaturas máximas y mínimas mensuales promedio; mínimas absolutas y medias mensuales; humedad relativa promedio mensual y precipitaciones promedio. Estación Meteorológica Quillota, V Región.

| Mes        | Temperaturas (°C) |        |           |       | HR<br>prom.<br>(%) | PP<br>prom.<br>(mm) | CV<br>(%) |
|------------|-------------------|--------|-----------|-------|--------------------|---------------------|-----------|
|            | Máxima            | Minima | Min. Abs. | Media |                    |                     |           |
|            | prom.             | prom.  |           |       |                    |                     |           |
| Enero      | 26.80             | 11.50  | 8.40      | 19.50 | 67.00              | 0.0                 | 0.0       |
| Febrero    | 26.60             | 11.20  | 7.80      | 19.90 | 70.00              | 0.0                 | 0.0       |
| Marzo      | 25.60             | 9.80   | 5.30      | 17.70 | 73.00              | 1.6                 | 41.3      |
| Abril      | 27.70             | 8.10   | 3.60      | 15.40 | 77.00              | 6.5                 | 43.5      |
| Mayo       | 19.90             | 7.40   | 2.70      | 13.65 | 82.00              | 46.0                | 88.4      |
| Junio      | 16.90             | 5.80   | 0.90      | 11.35 | 83.00              | 57.1                | 79.0      |
| Julio      | 16.80             | 5.50   | 0.40      | 11.15 | 82.00              | 117.1               | 75.5      |
| Agosto     | 18.20             | 5.80   | 0.10      | 12.00 | 80.00              | 70.8                | 160.6     |
| Septiembre | 19.70             | 6.90   | 2.40      | 13.30 | 79.00              | 15.2                | 77.8      |
| Octubre    | 21.90             | 8.20   | 3.30      | 15.50 | 76.00              | 12.2                | 68.6      |
| Noviembre  | 24.70             | 9.10   | 5.20      | 16.90 | 70.00              | 6.2                 | 50.0      |
| Diciembre  | 26.20             | 10.70  | 6.70      | 18.45 | 68.00              | 0.4                 | 44.5      |
| Promedio   | 22.10             | 8.20   | 3.90      | 15.25 | 75.60              | 332.7               |           |

## ANEXO 4:

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

INIA

ANALISIS: CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD

NOMBRE : AGRICOLA HUERTO CALIFORNIA.  
DIRECCION : PARCELA 49 SAN ISIDRO, QUILLOTA.

| Identificación  | Tensión en centibares |       |       |       |       |       |
|-----------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 0.00                  | 0.10  | 0.15  | 0.20  | 0.25  | 0.40  |
| Cuartel Central | 56.19                 | 23.44 | 23.27 | 21.58 | 21.38 | 18.94 |
| Cuartel Tranque | 54.41                 | 26.48 | 21.26 | 18.37 | 16.37 | 16.17 |

## ANEXO 5:

UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

FACULTAD DE AGRONOMIA

LABORATORIO DE SUELOS

ANALISIS: GRANULOMETRIA

NOMBRE : AGRICOLA HUERTO CALIFORNIA.  
 DIRECCION : PARCELA 49 SAN ISIDRO, QUILLOTA.

| Identificación  | Estrata<br>(cm) | Arcilla | Limo<br>(%) | Arena | Textura<br>(1) |
|-----------------|-----------------|---------|-------------|-------|----------------|
| Cuartel Tranque | 0 - 30          | 26.0    | 21.4        | 52.6  | FAa            |
|                 | 31 - 57         | 10.7    | 10.0        | 79.3  | Fa             |
|                 | 58 y +          | 24.7    | 24.7        | 68.6  | Fa             |
| Cuartel Central | 0 - 30          | 28.0    | 30.7        | 41.3  | FA             |
|                 | 31 - 63         | 26.0    | 22.7        | 51.3  | FAa            |
|                 | 64 y +          | 20.0    | 26.7        | 53.3  | FAa            |

(1) Fa : Franco arenoso  
 FA : Franco Arcilloso  
 FAa : Franco Arcillo arenoso

ANEXO 6: Descripción de la estratografía del suelo del cuartel Tranque, Huerto California, Quillots, V Región.

Prof. (cm)

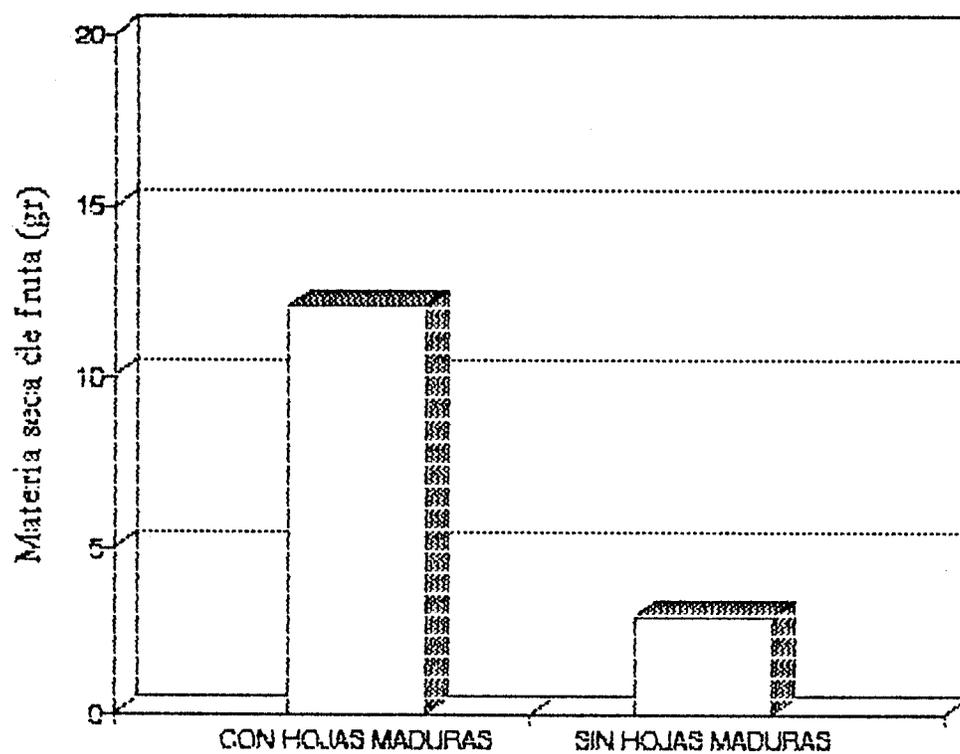
- 
- 0-30 :Franco arcillo arenoso; bloques subangulares finos y medios moderados; friable en húmedo; adhesivo, ligeramente plástico; raíces gruesas y finas abundantes; poros finos, medios y gruesos; grava angular fina y media común, gruesa media; límite claro lineal.
- 31-57 :Franco arenoso; sin estructura; no plástico y no adhesivo; raíces finas comunes, gruesas escasas; grava abundante (60% casquijos); poros medios y grandes abundantes; límite difuso ondulado.
- 58 y + :Gravas y casquijos en un 80% en matriz franco arenosa; raíces finas y medias abundantes, gruesas, pocas.
-

ANEXO 7: Descripción de la estratografía del suelo en el cuartel Central, Huerto California, Quillota, V Región.

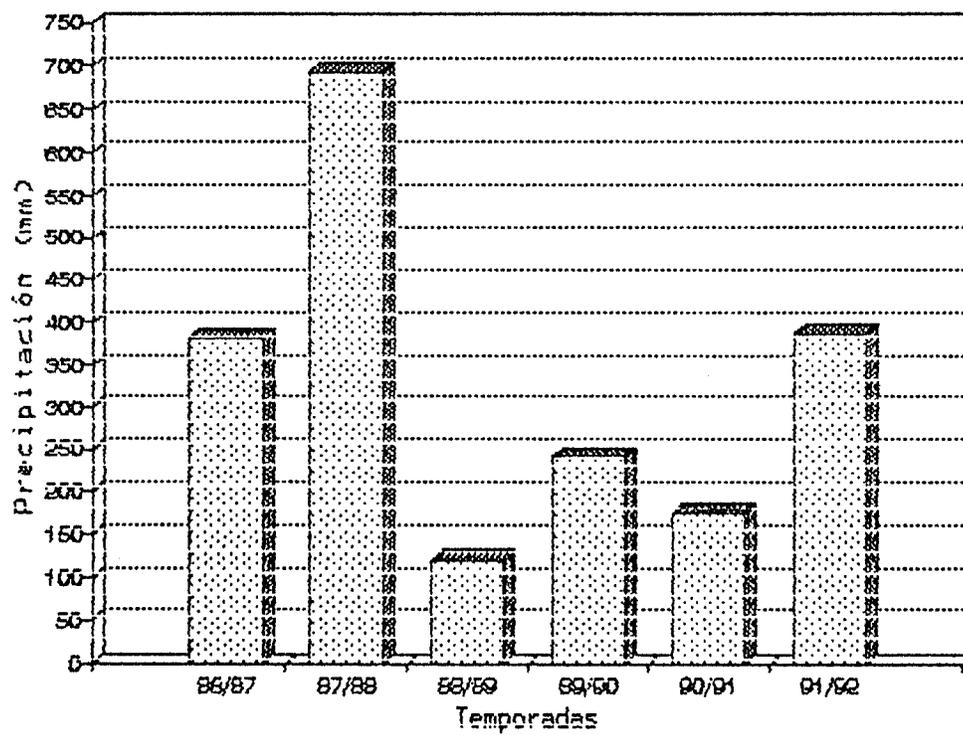
Prof. (cm)

---

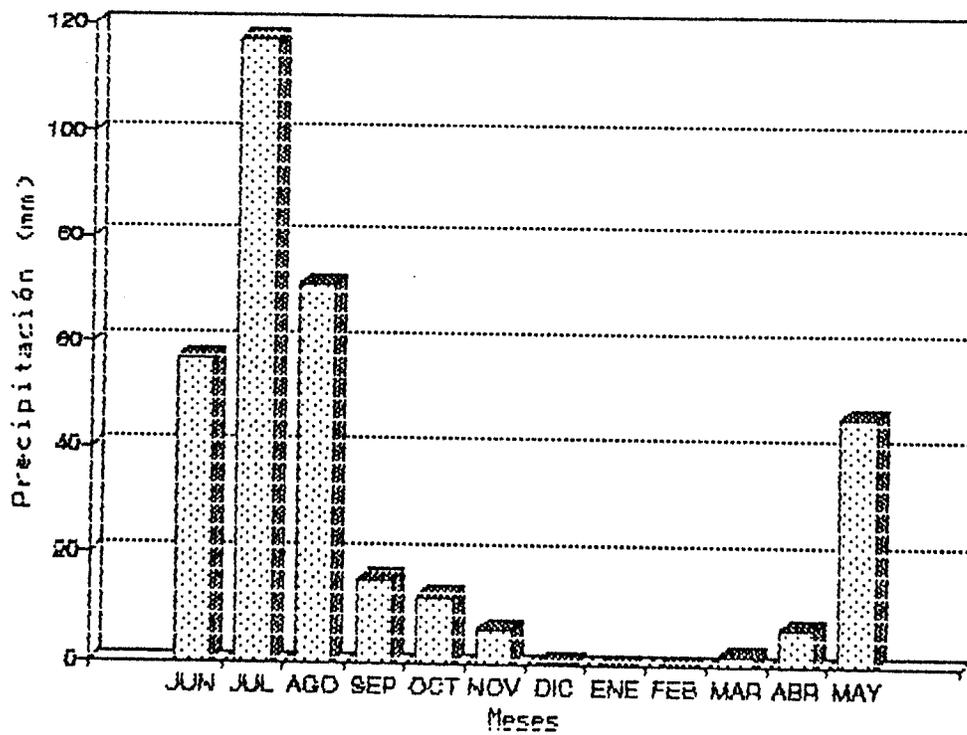
- 0-30 :Franco arcilloso; bloques subangulares finos y medios moderados; friable en húmedo; adhesivo, ligeramente plástico; raíces gruesas, medias y finas abundantes; poros finos, medios y gruesos; grava angular fina y media común; límite claro lineal.
- 31-63 :Franco arenoso; sin estructura; no plástico y no adhesivo; raíces finas, medias y gruesas abundantes; grava abundante (60% casquijos); poros grandes abundantes; límite difuso ondulado.
- 64 y + :Gravas y casquijos en un 80% en matriz franco arenosa; raíces finas y medias comunes, gruesas escasas.
-



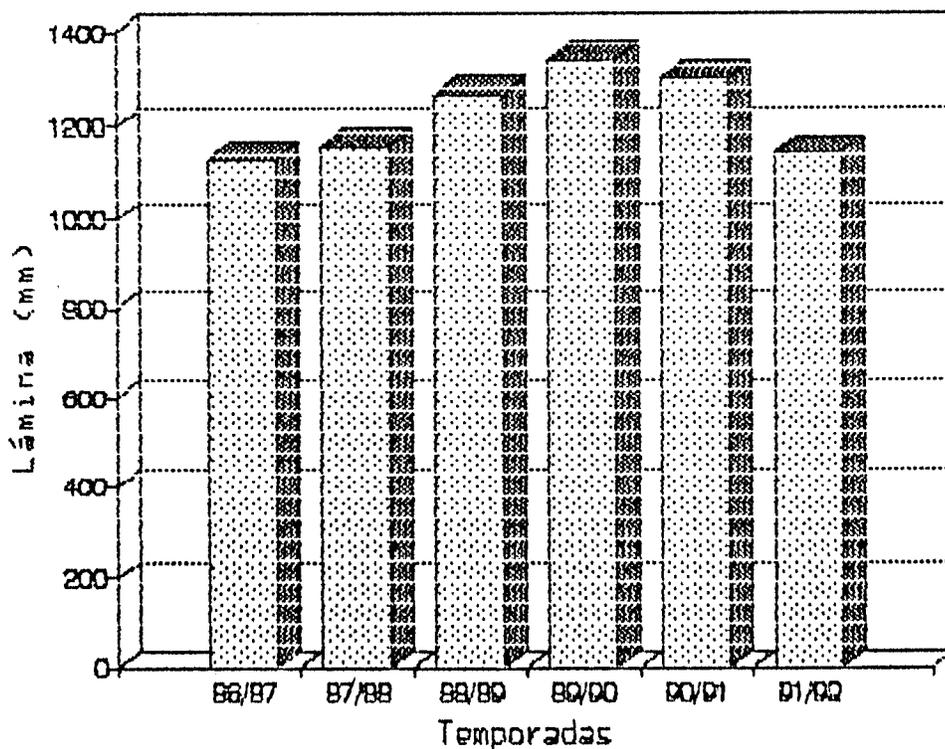
ANEXO 8: Peso promedio de la fruta de un brote primaveral maduro en ramas anilladas de palto cv. Haba con o sin hojas maduras de verano (WHILEY, 1990).



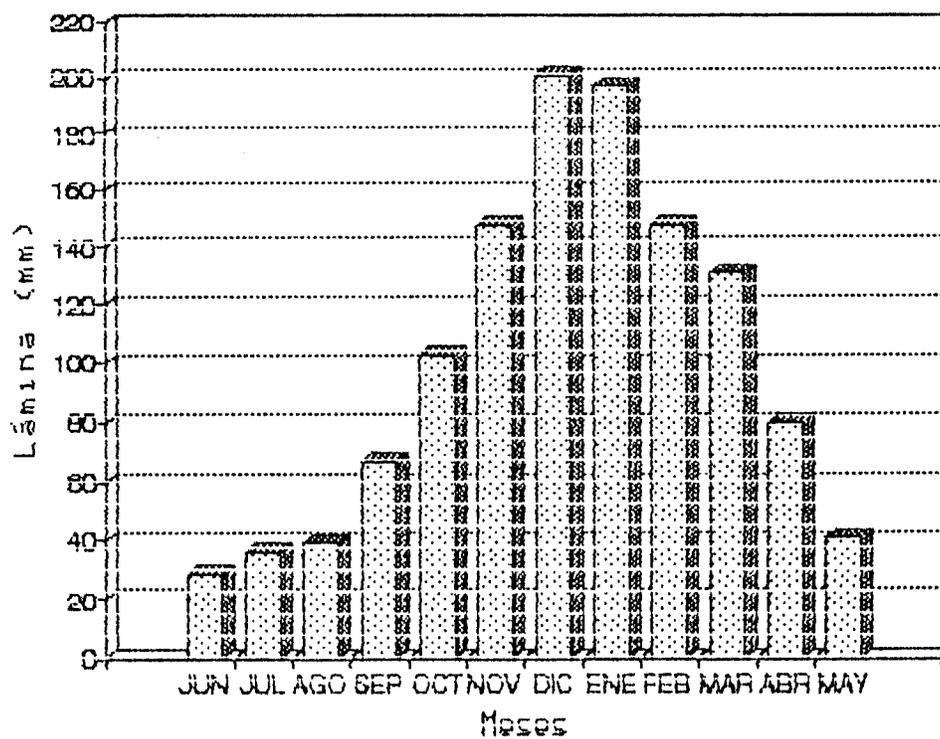
ANEXO 9: Precipitaciones totales (mm) por temporada, Estación meteorológica, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, V Región.



ANEXO 10: Distribución mensual de las precipitaciones en la zona de Quillota, V Región.



ANEXO 11: Evaporación de bandeja Clase A (mm) por temporada, Estación meteorológica, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, V Región.



ANEXO 12: Evaporación de bandeja Clase A mensual promedio (mm), en la zona de Guillota, V Región.