

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA DE FRUTICULTURA

TALLER DE LICENCIATURA

ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN PALTO  
(*Persea americana* Mill), cv. HASS EN LA LOCALIDAD DE QUILLOTA.

FREDDY ALEJANDRO SAAVEDRA PIMENTEL

QUILLOTA CHILE  
2000

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.

REVISIÓN

BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes generales

2.2. Necesidades hídricas del palto

2.3. Antecedentes del riego en palto

2.4. Factores condicionantes del diseño y aplicación de estrategias de RDC.

2.5. Fonología del palto

2.5.1. Crecimientos de raíces

2.5.2. Crecimiento vegetativo

2.5.3. Desarrollo reproductivo

2.5.4. Períodos críticos

2.6. Respuestas del palto frente a situaciones de sequía

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Diseño experimental

3.2. Programación de riego

3.3. Manejos

3.4. Mediciones

3.4.1. Parámetros del suelo.

3.4.2. Parámetros del árbol.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5. LITERATURA CITADA.

## 1 INTRODUCCIÓN

En fruticultura se ha estado investigando una nueva estrategia de manejo del agua, denominada riego deficitario controlado (RDC), técnica a través de la cual se busca disminuir los aportes hídricos en algunas fases del ciclo anual de la especie sin afectar la producción. La reducción de los aportes hídricos en determinadas etapas del ciclo de crecimiento ha permitido, en algunas especies, tales como duraznero, almendro, naranjo y limonero, llegar a una aproximación de los requerimientos de agua que disminuyen el desarrollo vegetativo, favoreciendo la fructificación y producción (RUIZ-SÁNCHEZ y GIRONA, 1995).

En palto no existen antecedentes de estudios RDC y se estima que ésta técnica podría ser una buena opción para conseguir importantes ahorros de agua, determinar los requerimientos de riego de este frutal y, a la vez, limitar el crecimiento vegetativo a favor de los fenómenos relacionados con la reproducción. Como resultado de lo anterior, se podría obtener árboles más pequeños y de mayor productividad, lo que actualmente es una tendencia mundial en la producción frutícola.

Por otro lado, tanto a escala mundial como en Chile, las superficies plantadas con paltos siguen aumentando cada año. Según el censo agrícola de 1997, la superficie total de paltos en Chile corresponde a 17.047 ha, de las cuales 5.839 se encuentran en su etapa de formación. Si se analiza la distribución de la superficie plantada con paltos en Chile se puede observar que casi un 60% de ella se concentra en la Región de Valparaíso (V), seguida de la Región Metropolitana, teniendo estas dos en conjunto más del 80% del total. Ante esta realidad, se espera que los futuros aumentos de la producción impliquen retornos económicos cada vez menores a los productores, lo que los obligará a ser cada vez más eficientes.

En el presente estudio, se evalúa el efecto de la aplicación de estrategias de RDC en un primer año sobre los parámetros de crecimiento y producción en palto. Los tratamientos se diferencian en: (i) el período de aplicación de la restricción hídrica y (ii) en el nivel de disminución de la tasa de riego.

La hipótesis de trabajo plantea la existencia, dentro del ciclo fenológico del palto, de ciertas etapas en las que la aplicación de déficit hídricos moderados no afectaría significativamente los parámetros de calidad y volumen de producción. Dichos períodos podrían estar asociados a ciertos momentos particulares en el desarrollo del fruto. La determinación de estas etapas críticas, a través de ensayos de RDC, permitiría realizar una programación del riego para palto en la que los aportes hídricos se ajusten a los requerimientos fenológicos de la especie, aumentando así la eficiencia en el uso del agua.

#### Objetivos generales

- \* Buscar alternativas en el manejo de riego del palto que permitan aumentar la eficiencia en el uso del agua, sin alterar el ritmo productivo,
- \* Evaluar y relacionar las respuestas de crecimiento, tanto vegetativo como reproductivo, frente a la disminución en los aportes hídricos durante determinadas etapas de su ciclo fenológico.

#### Objetivos específicos

- \* Definir períodos de máxima susceptibilidad al déficit hídrico dentro del ciclo de riego anual del palto.
- \* Determinar el efecto de la época y nivel de restricción hídrica sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo del palto.
- \* Evaluar el efecto de la disminución de los aportes hídricos sobre los parámetros de volumen y calidad de producción.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes generales:

La cantidad de agua requerida para satisfacer la transpiración en las plantas depende de las condiciones ambientales, del tipo de suelo y las características particulares de las plantas como son el tamaño, la edad, los niveles de producción, además de la estructura y distribución de las raíces (SALGADO, 1990).

La progresiva disminución de la disponibilidad de agua para la agricultura, ha impulsado la ejecución de numerosas investigaciones en fruticultura cuyo objetivo es el diseño de estrategias de riego que permitan el ahorro de agua, o bien, describir el efecto negativo de estrés hídrico sobre el crecimiento vegetativo y desarrollo del fruto. La principal limitante que han presentado estos estudios es el hecho de no considerar que el déficit hídrico puede resultar más o menos trascendente en función del momento fenológico en que es aplicado (SÁNCHEZ-BLANCO y TORRECILLAS, 1995).

El concepto general del RDC se define como la aplicación de un pequeño estrés hídrico en ciertos períodos precisos del ciclo fenológico de la planta, sin que esta condición afecte la producción ni la calidad de la fruta.

La idea del RDC se basa en la incidencia del déficit hídrico sobre dos procesos: el crecimiento vegetativo y la fotosíntesis. De acuerdo a HSIAO (1990), mientras que el crecimiento se manifiesta muy susceptible a la disminución de los aportes hídricos, la fotosíntesis lo es en menor grado. GIRONA (1996) indica que la combinación de estos dos efectos permite la aplicación de déficit hídricos moderados en momentos del ciclo anual en que no se desee un crecimiento vegetativo, pero sin afectar la actividad de fotosíntesis.

La aplicación de estrategias de RDC permite, en muchos casos, el ahorro de agua tanto por la disminución de los aportes que se realiza como por el aumento en la eficiencia en el uso de

este recurso por parte de los cultivos. Es así como MITCHELL y CHALMERS (1982) determinaron que al reducir los aportes hídricos durante la etapa de endurecimiento del carozo en duraznero, se disminuía el vigor de crecimiento de los brotes sin afectar los niveles de producción. Resultados similares fueron obtenidos por MITCHELL, JERIE y CHALMERS (1984) al aplicar riegos deficitarios en peral.

La determinación de los niveles de susceptibilidad en distintas etapas del ciclo fenológico de diferentes especies, es otro de los resultados que se han obtenido en estudios de RDC. Es así como LAMPINEL *et al.* (1995), al realizar ensayos de riego deficitario en las distintas fases del ciclo fenológico de desarrollo en ciruelo, descubrieron bajo las condiciones de experimentación, que esta especie se manifiesta sumamente sensible al déficit hídrico durante la etapa de endurecimiento de carozo del fruto, lo que se tradujo en una disminución de los rendimientos.

La posibilidad de favorecer ciertos parámetros de calidad en la fruta constituye otro de los objetivos de la aplicación de estrategias de RDC en algunas especies frutales. FERREYRA y SELLES (1997) afirman que en la variedad de uva vinífera Cabernet Sauvignon, la disminución de los aportes hídricos en ciertas etapas del ciclo de desarrollo tiene incidencia sobre la calidad de los atributos del vino en cuanto a aroma y sabor, aumentándolos. Si bien la producción es disminuida, los defectos también lo hacen, lo que se traduce en una mejor rentabilidad.

En cuanto a frutales de hoja persistente, recientemente se han realizado estudios de RDC específicamente en cítricos. Es así como CASTEL y BUJ (1990) al aplicar estrategias de RDC en naranjo (var. Salustiana), determinaron que la disminución de los aportes hídricos reducía el calibre y la calidad de la fruta.

Cabe señalar que el trabajo de CASTEL y BUJ (1990) se basa en la aplicación de fracciones de las necesidades hídricas durante toda la estación; con ello se puede cuantificar el impacto relativo del déficit en los distintos procesos de la planta, pero un efecto relativamente pequeño en un período determinado, sería enmascarado por el efecto mayor de éste en un

periodo anterior o posterior. Lo interesante es adecuar los aportes hídricos al comportamiento fisiológico del árbol.

Por otra parte, DOMIINGO *et al.* (1996) lograron un aumento de la eficiencia en el uso del agua, sin afectar significativamente el nivel y la calidad de la producción, al reducir a un 25% los aportes hídricos en limonero Fino, durante todo el período, a excepción de la etapa II del desarrollo del fruto, en la cual se aportó el 100% de los requerimientos.

## 2.2. Necesidades hídricas del palto:

El palto es un frutal que, al igual que los cítricos, es de origen subtropical y de hoja persistente por lo que transpira todo el año (LOVATT, 1990).

El requerimiento hídrico varía en función de la época del año y del estado fenológico del cultivo. Es así como durante el periodo invernal de semiactividad, éstos requerimientos son mínimos como consecuencia de la menor demanda atmosférica y las mínimas funciones de crecimiento y desarrollo del árbol (WHILEY, 1990).

Durante la primavera, los requerimientos hídricos se incrementan en respuesta al aumento del área evapotranspirativa que se produce como resultado del primer período de crecimiento vegetativo y de la floración (WHILEY, CHAPMAN y SARÁNAH, 1988).

En la fase final de la primavera, el manejo del agua no es tan crítico, debido a que los frutos están más sujetos al árbol, producto del aumento de su capacidad de atracción de fotosintatos, sin embargo, no se debe permitir un nivel excesivo de estrés, ya que podría afectarse la calidad de la fruta (WHILEY, 1990).

La necesidad de determinar un punto óptimo de riego para palto, en cuanto a volumen y frecuencia de aplicación, se relaciona con los niveles de producción y la sanidad de los árboles (SALGADO y BOZZOLO, 1997).

Condiciones de saturación de humedad predisponen a esta especie al ataque de *Phytophthora cinnamomi*, agente causal de la tristeza de los paltos. De acuerdo a WHILEY *et al.* (1986), los árboles cuyo sistema radical es afectado por este hongo son más susceptibles a un estrés hídrico por el deficiente sistema radicular. Esta condición genera una disminución del crecimiento vegetativo y una alta incidencia de "Ring neck" (anillo negro) en el pedúnculo de los frutos, provocando la abscisión y la disminución de los volúmenes de producción.

Por otra parte, DUCO (1996) indica que el sistema radical de aquellos árboles afectados por este patógeno presenta, además, un menor transporte de las hormonas que influyen en el desarrollo de brotes y hojas (giberelinas y citoquininas). El resultado de tal situación es un crecimiento vegetativo débil y un menor número de hojas.

La aplicación de excesos de agua puede, además, afectar la calidad de la fruta. Según TELLO (1991), al aplicar riegos equivalentes 1,2 veces los requerimientos del cultivo, durante toda la temporada de riego, se obtiene una producción con un alto porcentaje de fruta de calibre exportable; no obstante, ésta presentó menores contenidos de materia seca y un menor porcentaje de aceite.

En cuanto a la aplicación de volúmenes reducidos de riego en palto, se ha observado que la aplicación de déficit hídricos tienen como consecuencia crecimientos vegetativos restringidos y una menor producción, debido al menor calibre individual de los frutos y/o al menor número de ellos (LAHAV y KALMAR, 1977a).

Sin embargo LAHAV Y KALMAR (1983), utilizando los criterios del RDC, realizaron un ensayo llevado a cabo en Israel entre los años 1974 y 1980, en el cual aplicó un déficit hídrico en el periodo de primavera y/u otoño. Dicho estudio concluyó que los regímenes en primavera y otoño no aumentan la productividad en palto, pero se pueden obtener cosechas equivalentes, de la misma calidad, con volúmenes reducidos de agua.

### 2.3. Antecedentes del riego en palto en Chile:

SALGADO (1990) indica que la programación del riego para palto en Chile se realiza comúnmente sobre la base del método de la bandeja evaporimétrica clase A USWB.

Al respecto, DOOREMBOS y PRUITT (1986) indican que de todos los métodos para estimar la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>), el de bandeja es el más usado, ya que permite medir los efectos ponderados de las variables que influyen sobre la evapotranspiración como la humedad relativa, el viento, la radiación y la temperatura.

En este sentido, SALGADO (1990) señala que para estimar la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) se aplica un coeficiente de bandeja (K<sub>b</sub>), determinado empíricamente, el cual refleja los efectos de las condiciones de instalación sobre la ET<sub>o</sub> y que de acuerdo a DOOREMBOS y PRUITT (1986) se relacionan en la siguiente expresión:

$$ET_o = E_b * K_b \text{ (mm/día)}$$

Para determinar los requerimientos de los cultivos (ET<sub>c</sub>), a partir de la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>), se deben relacionar mediante un coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), según la relación:

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

Los valores de K<sub>c</sub> se obtienen en forma experimental y resumen el comportamiento de los cultivos en el sistema suelo-planta-atmósfera, integrando factores tales como las características propias del cultivo, condiciones climáticas predominantes y frecuencia de riegos y lluvias (DOOREMBOS y PRUITT, 1986).

En Chile no ha sido posible definir con suficiente precisión este coeficiente para palto. En estudios realizados por BOZZOLO (1993) en la Estación Experimental La Palma perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, se

determinó un conjunto de  $K_c$  para palto cuyos valores fluctuaron entre 0,52 y 0,65 a través del año. De acuerdo a éstos, los requerimientos hídricos anuales de este frutal en Quillota serían de 5300 a 5700 m<sup>3</sup> por hectárea.

#### 2.4. Factores condicionantes del diseño y aplicación de estrategias de RDC:

De acuerdo a GIRONA (1996) y SÁNCHEZ-BLANCO y TORRECILLAS (1995), la elaboración de estrategias de RDC para una especie en particular requiere de la consideración de una serie de factores que, de una u otra forma, pueden condicionar dicha práctica. Éstos pueden corresponder a factores de tipo externo, o bien estar relacionados directamente con la fisiología y fenología de la planta.

Entre los factores externos, GIRONA (1996) indica que el suelo es determinante en los resultados que se obtienen al aplicar estrategias de RDC en un frutal. En este sentido, señala que en suelos poco profundos con una mínima capacidad de retención de agua, el efecto del RDC se manifiesta muy marcadamente, ya que éstos permiten imponer rápidamente los tratamientos de restricción y recuperación, evitando así dañar ciertas funciones de la planta.

De lo anterior, se desprende que suelos más profundos, con mayor capacidad de retención de agua, las respuestas debieran ser mucho más lentas tanto para la restricción como para el humedecimiento.

El clima es otro factor determinante en la factibilidad de aplicar estrategias de RDC, la cual evidentemente requiere de la ausencia de precipitaciones importantes durante el período de restricción hídrica, ya que éstas impedirían aplicar déficit en estos períodos.

En cuanto a manejos, el sistema de riego influye en las respuestas de las plantas a la imposición de déficit hídricos. MITCHELL, JERIE y CHALMERS (1984) señalan que aquellos sistemas de riego como microjet y goteros, que permiten humedecer volúmenes restringidos de raíces, serían los más adecuados. De acuerdo con estos autores, el hecho de

humedecer volúmenes pequeños de suelo, favorece una alta densidad de raíces activas que son capaces de absorber rápidamente el agua aplicada, lo que permite imponer rápidamente una condición de déficit en la planta o restablecer el balance hídrico dentro de ella.

Entre los factores relacionados directamente con la planta, se encuentra el nivel de coincidencia en la ocurrencia de los eventos de crecimiento vegetativo y reproductivo, la época y duración de los períodos considerados críticos a la disminución de los aportes hídricos y los mecanismos de resistencia a la sequía propio de la especie (SÁNCHEZ-BLANCO y TORRECILLAS, 1995).

La aplicación de estrategias de RDC lleva implícito que en algún período concreto del ciclo anual de crecimiento se apliquen dosis de agua inferiores a las óptimas. El nivel en que la producción sea afectada dependerá de la naturaleza del proceso (crecimiento vegetativo, del fruto, etc.) sobre el que ella incida y del grado de restricción hídrica (GIRONA y MARSAL, 1995).

Por otra parte, SÁNCHEZ-BLANCO y TORRECILLAS (1995) indican que el nivel de coincidencia de la ocurrencia en el tiempo de los eventos de crecimiento vegetativo y de desarrollo del fruto puede ser determinante de la factibilidad de realizar ensayos de RDC en un frutal. Una clara separación entre el desarrollo de ambos eventos permite aplicar déficit hídricos de forma que éstos incidan en uno de los procesos sin afectar prácticamente al otro (RUIZ-SÁNCHEZ y GIRONA, 1995).

Otro aspecto fundamental que ha permitido en frutales como durazneros, cítricos y pomáceas, la elaboración de estrategias RDC, es la clara separación de las etapas de división y elongación celular en el desarrollo del fruto, considerando los niveles de susceptibilidad de cada fase de desarrollo de la fruta.

## 2.5. Fenología del palto:

De acuerdo a TAPIA (1993), el crecimiento del palto en la zona de Quillota sigue un patrón estacional cíclico que se repite cada año, aunque no necesariamente en la misma velocidad e intensidad para cada etapa. Pueden distinguirse tres formas separadas de crecimiento: radicular, vegetativo y reproductivo.

### 2.5.1. Crecimiento de raíces:

TAPIA (1993) describe dos períodos de crecimiento de raíces. De acuerdo a sus observaciones, el primero se extiende desde primavera a verano y su inicio estaría relacionado con el aumento de las temperaturas del suelo, mientras que su término se asocia al balance con el crecimiento vegetativo. El segundo período de crecimiento radicular se inicia en otoño, cuando el crecimiento vegetativo decrece, deteniéndose progresivamente como respuesta a la disminución de las temperaturas del suelo hacia el invierno. En este sentido indica que el crecimiento radicular no es significativo a los 13°C, obteniéndose el mayor desarrollo cuando la temperatura del suelo excede a los 18°C.

### 2.5.2. Crecimiento vegetativo:

En condiciones de clima subtropical, se han descrito dos períodos de crecimiento vegetativo dentro del ciclo anual del palto, uno en primavera y otro en verano. El momento de ocurrencia de estos procesos es determinado por las condiciones climáticas y por las características del cultivar (SCHOLEFIELD *et al.* 1985).

HERNÁNDEZ (1991) y TAPIA (1993) describen para el cultivar Hass en Quillota dos períodos de crecimiento vegetativo, uno en primavera y otro en verano-otoño, siendo el primero de mayor intensidad.

El comienzo del primer periodo se produce cuando en el árbol existe un máximo de reservas de carbohidratos (WOLSTENHOLME, 1987) y su inicio estaría condicionado por el alza de

## 2.5. Fenología del palto:

De acuerdo a TAPIA (1993), el crecimiento del palto en la zona de Quillota sigue un patrón estacional cíclico que se repite cada año, aunque no necesariamente en la misma velocidad e intensidad para cada etapa. Pueden distinguirse tres formas separadas de crecimiento: radicular, vegetativo y reproductivo.

### 2.5.1. Crecimiento de raíces:

TAPIA (1993) describe dos períodos de crecimiento de raíces. De acuerdo a sus observaciones, el primero se extiende desde primavera a verano y su inicio estaría relacionado con el aumento de las temperaturas del suelo, mientras que su término se asocia al balance con el crecimiento vegetativo. El segundo período de crecimiento radicular se inicia en otoño, cuando el crecimiento vegetativo decrece, deteniéndose progresivamente como respuesta a la disminución de las temperaturas del suelo hacia el invierno. En este sentido indica que el crecimiento radicular no es significativo a los 13°C, obteniéndose el mayor desarrollo cuando la temperatura del suelo excede a los 18°C.

### 2.5.2. Crecimiento vegetativo:

En condiciones de clima subtropical, se han descrito dos períodos de crecimiento vegetativo dentro del ciclo anual del palto, uno en primavera y otro en verano. El momento de ocurrencia de estos procesos es determinado por las condiciones climáticas y por las características del cultivar (SCHOLEFIELD *et al.* 1985).

HERNÁNDEZ (1991) y TAPIA (1993) describen para el cultivar Hass en Quillota dos períodos de crecimiento vegetativo, uno en primavera y otro en verano-otoño, siendo el primero de mayor intensidad.

El comienzo del primer período se produce cuando en el árbol existe un máximo de reservas de carbohidratos (WOLSTENHOLME, 1987) y su inicio estaría condicionado por el alza de

la temperatura ambiental (HERNÁNDEZ, 1991; TAPIA, 1993), mientras que su detención se relaciona con la necesidad del árbol de alcanzar un equilibrio en la relación raíz/brote.

El segundo período de crecimiento vegetativo se inicia cuando el volumen de raíces ha alcanzado un volumen que permita sustentarlo y su menor intensidad con respecto al crecimiento de primavera se asocia a una disminución de los carbohidratos de reserva producto del desgaste que provocan los eventos de floración, cuaja, crecimiento de raíces y vegetativo (HERNÁNDEZ, 1991; TAPIA, 1993).

De acuerdo a WHILEY (1990) y WOLSTENHOLME, WHILEY y SARANAH (1990), a pesar de que el brote de verano es competitivo en un principio con el crecimiento del fruto, de él depende que éste alcance su tamaño potencial y, por otra parte, la acumulación de reservas durante el invierno, depende de este segundo período de crecimiento vegetativo. La finalización de este evento se relaciona con la disminución de las temperaturas ambientales hacia el otoño (HERNÁNDEZ, 1991; TAPIA, 1993).

### 2.5.3. Desarrollo reproductivo:

Según WHILEY, CHAPMAN y SARANAH (1988), dentro del ciclo de desarrollo del palto, la floración constituye el mayor evento fenológico. Este proceso que posee el potencial de aumentar sustancialmente las demandas de agua. Sin embargo, la baja cuaja que experimenta indicaría que el palto está más predispuesto a un crecimiento vegetativo que a la producción de frutos, ya que a pesar de producir más de un millón de flores, sólo un 0,01 % de ellas logra cuajar (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1991).

Aproximadamente un mes después del inicio de la floración, se produce un máximo en la caída de frutos (HERNÁNDEZ, 1991, TAPIA, 1993). De acuerdo a LOVATT (1990), estos frutos abortados pueden dividirse en dos categorías: frutos provenientes de flores en las que ocurre polinización, pero no fertilización y frutos resultantes de flores polinizadas y fertilizadas (con semilla y embrión normales). La caída de estos frutos normales se

manifestaría como respuesta a una competencia entre ellos y con el crecimiento vegetativo de primavera (LOVATT, 1990; WOLSTENHOLME, 1987).

SEDGLEY, SCHOLEFIELD y ALEXANDER. (1985) y WOLSTENHOLME, WHILEY y SARANAH (1990), señalan que esta competencia directa por las reservas del árbol se explicaría en parte por la naturaleza mixta de los brotes de palto, con un crecimiento apical vegetativo y con crecimientos laterales reproductivos.

A comienzos de verano, cuando los frutos están más sujetos, dado el aumento en su capacidad de atracción de fotosintatos, comienza un período de crecimiento acelerado en ellos que se extiende hasta el otoño, en donde nuevamente disminuye la velocidad de crecimiento (LAHAV y KALMAR, 1977a,-LOVATT, 1990; HERNÁNDEZ, 1991; TAPIA, 1993).

WOLSTENHOLME, WHILEY y SARANAH (1990) indican que durante el ciclo del palto se produce un segundo período de máxima caída de fruta, coincidente con el segundo ciclo de crecimiento vegetativo y el crecimiento rápido del fruto. Esta caída se produciría por una limitada disponibilidad de carbohidratos, debido al desgaste de reservas luego de ocurrir los eventos de floración, cuaja, primer periodo de crecimiento vegetativo y a la gran demanda de fotoasimilados por parte de los frutos durante la etapa de crecimiento acelerado. Esta situación es agravada por las condiciones climáticas de elevada demanda atmosférica que caracteriza a la estación de verano. En cambio, HERNÁNDEZ (1991) y TAPIA (1993) describen en este período para el cultivar Hass, en Quillota, una caída de fruta constante pero baja en número, que no presenta un máximo, pero sí una pérdida bastante importante en cuanto a peso.

LOVATT (1990) ha definido tres etapas dentro del período de desarrollo del fruto de palto. Una primera fase que se caracteriza por un crecimiento lento y que se extiende desde marzo a agosto para el hemisferio norte (septiembre a febrero en el hemisferio sur), una segunda fase en la que se produce un rápido incremento en el tamaño de la fruta y que se extiende desde agosto a noviembre (febrero a mayo en el hemisferio sur) y una última etapa en la que la

velocidad de crecimiento del fruto vuelve a disminuir y que se extiende desde noviembre a cosecha (mayo a cosecha en el hemisferio sur).

Esta clasificación de etapas en el desarrollo del fruto se basa sólo en la tasa de crecimiento que éste manifiesta en el tiempo, ya que de acuerdo a BLUMENFELD y GAZIT (1974) y CALABRESE (1992), el fruto de esta especie se caracteriza por presentar un crecimiento que sigue una curva de tendencia simple sigmoidea con una división y elongación celular simultáneas que continúan hasta la cosecha. Un resumen del ciclo fenológico se puede observar en el Figura 1

La ocurrencia de los eventos reproductivos y vegetativos está separada parcialmente en el tiempo, ya que existen períodos dentro del ciclo anual de esta especie en que el crecimiento vegetativo y reproductivo se superponen; éstos generan una competencia por los factores productivos, lo cual podría afectar negativamente la intención de imponer un RDC. Sin embargo, la importancia relativa que asumen los procesos de división y elongación celular en las distintas etapas del desarrollo del fruto, permitirían un grado de restricción cuando el proceso de división, el menos susceptible, sea el predominante.

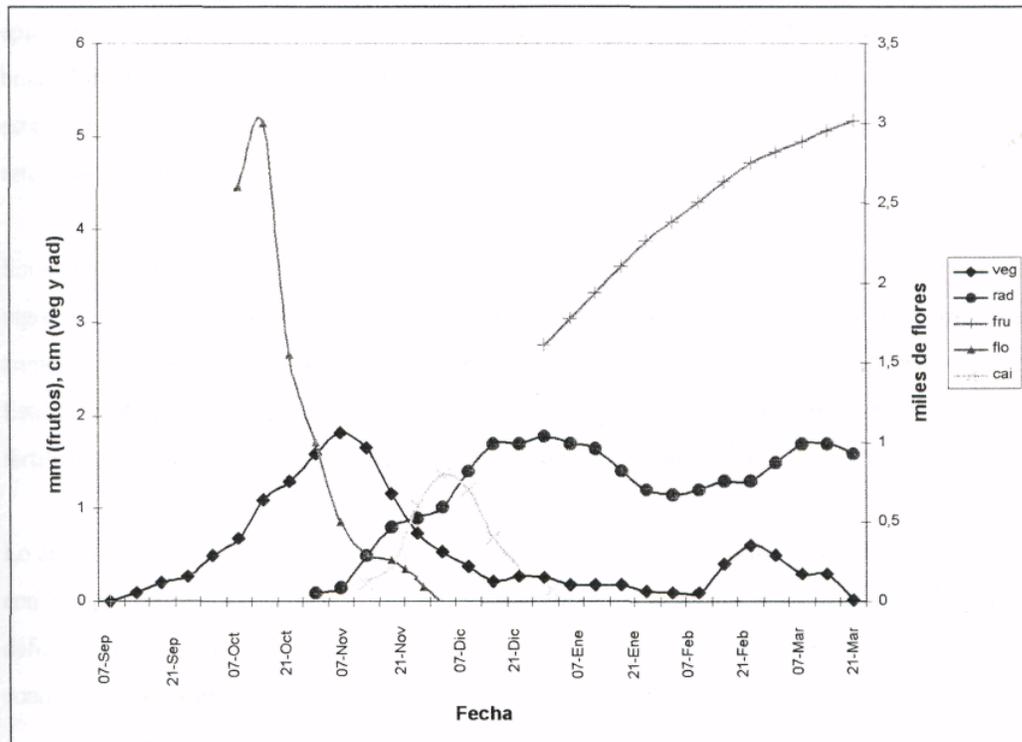


FIGURA 1. Ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mili) cv. Hass, a partir de datos obtenidos por HERNÁNDEZ (1991) y TAPIA (1993).

## 2.6. Períodos críticos:

Desde el punto de vista del RDC, se consideran como períodos críticos dentro del ciclo de una especie en particular, todos aquellos momentos en que el estrés hídrico afecta negativamente la producción en cuanto a volumen y calidad (SÁNCHEZ BLANCO y TORRECILLAS, 1995).

LOVATT (1990) indica que en palto el período de floración y fertilización es determinante en el éxito de la cuaja de fruta, por lo que cualquier condición que los afecte disminuye la producción. WHILEY, CHAPMAN y SARANAH (1988) señalan que durante este período existe una alta susceptibilidad al déficit hídrico. Esto se explica por las características de las

estructuras florales del palto que contribuyen a la pérdida de agua a través de la cubierta epidemial de las panículas, lo que las hace propensas a sufrir déficit hídricos mayores que las hojas durante periodos de demanda atmosférica moderada. Un exceso de estrés impuesto en esta etapa puede provocar daños irreversibles a los órganos florales, limitando así la cuaja y retención de fruta.

Sin embargo, WOLSTENHOLME, WHILEY y SARANAH (1990) indican que el control del vigor de los brotes indeterminados correspondientes al crecimiento vegetativo de primavera, aumenta la localización de materia seca en el fruto con resultados de mayores rendimientos. Este control del vigor vegetativo puede realizarse mediante técnicas agronómicas de riego y/o fertilización o utilizando inhibidores del crecimiento como paclobutrazol.

Lo anterior permitiría la aplicación de un pequeño déficit, en el período de floración y cuaja, con el objetivo de detener el crecimiento vegetativo, para favorecer el reproductivo. Este déficit debe ser pequeño, por ello se debe establecer en un huerto que permita el mayor control posible sobre la condición del suelo.

Por otro lado, LOVATT (1990) indica como período crítico para la retención de fruta e incremento de la producción, aquél comprendido entre la floración y el final de la primera etapa de lento crecimiento del fruto, durante el que se produce una caída temprana.

En este sentido, WOLSTENHOLME, WHILEY y SARANAH (1990) y LOVATT (1990) afirman que esta primera caída se genera como consecuencia de la competencia entre los frutos recién cuajados y el crecimiento vegetativo, de la sensibilidad a altas temperaturas y del estrés por déficit hídrico.

Con respecto a este último punto, SCHROEDER y WIELAND (1956) indican que bajo condiciones de estrés hídrico, las hojas de palto son capaces de retirar agua desde los frutos para satisfacer las demandas atmosféricas, provocando una contracción de ellos. Además, señalan que esta extracción es mayor en aquellos frutos jóvenes, por lo que éstos son más propensos a sufrir estrés bajo condiciones de alta demanda atmosférica.

## 2.7. Respuestas del palto frente a situaciones de sequia:

Los mecanismos a través de los cuales las especies responden a la falta de agua son sumamente importantes al momento de diseñar estrategias de RDC, ya que sobre la base de ellos pueden definirse los niveles de estrés a que se pueden someterse las plantas sin provocar daños permanentes en su capacidad productiva (SÁNCHEZ, BLANCO y TORRECILLAS, 1995).

De acuerdo a HSIAO (1990), el balance hídrico dentro de una planta está determinado por los procesos de absorción y transpiración. Cuando la cantidad de agua absorbida por las raíces es menor que aquella que se pierde por transpiración, se genera una condición de déficit.

Bajo esta situación, las plantas elaboran respuestas que permiten mantener su estabilidad. SCHROEDER y WIELAND (1956) indican que en el palto, durante los períodos de máxima demanda atmosférica en el día, utiliza el agua contenida en los tejidos para satisfacer los requerimientos de transpiración.

SCHOLEFIELD *et al.* (1980) indican que la recuperación del estatus hídrico de los órganos aéreos durante la noche es un índice de que los árboles fueron bien abastecidos de agua mediante el riego. Cuando esto no ocurre, las plantas alcanzan un estado de marchitez permanente (BARRIENTOS, RODRÍGUEZ y ESPINOZA, 1993).

HSIAO (1990) afirma que las plantas poseen mecanismos de defensa que evitan que éstas alcancen un estado crítico de marchitez. De acuerdo a TAIZ y ZEIGER (1991), el cierre estomático es una de las respuestas que las plantas manifiestan frente a condiciones de déficit hídrico.

En este sentido, LAHAV y KALMAR (1977), al igual que ADATO y LEVINSON (1988), indican que en el árbol de palto la resistencia que genera el área de las hojas a la difusión del agua cuando se reducen los volúmenes de riego, conduce a un aumento en la eficiencia en el uso del agua, ya que los niveles de producción por unidad de agua aplicada se incrementan.

Sin embargo, la disminución de la tasa de riego debe ser moderada ya que de acuerdo a SCHOLEFIELD *et al.* (1980), en condiciones muy limitantes de humedad en el suelo, los bajos niveles de potencial hídrico del xilema pueden provocar una restricción severa de la conductancia de vapor de agua y de CO<sub>2</sub>, con serios efectos en la actividad fotosintética.

Uno de los mecanismos de adaptación que poseen las plantas para enfrentar condiciones de sequía, es el denominado ajuste osmótico. HSIAO (1990) y TAIZ y ZEIGER (1991) definen este proceso como una respuesta directa e independiente por parte de ciertas especies al déficit hídrico y que consiste en el aumento de ciertos solutos al interior de las células de los tejidos, los cuales permiten mantener el turgor a bajos niveles de potencial hídrico.

BARRIENTOS, RODRÍGUEZ y ESPINOZA (1993), al realizar ensayos de estrés hídrico en plantas de palto cv. Hass en vivero, determinaron que los potenciales hídrico, osmótico y de turgencia, al igual que el contenido relativo de agua, fueron muy semejantes bajo riego y sequía. Estos resultados fueron atribuidos a la acumulación de pequeñas cantidades del aminoácido prolina, en el tejido de las plantas, el cual corresponde a uno de los solutos que participa en el proceso de ajuste osmótico. A partir de estos resultados, concluyeron que bajo condiciones de estrés hídrico, el palto es capaz de desarrollar el mecanismo de ajuste osmótico para mantener su equilibrio interno.

Sin embargo, cuando las condiciones bióticas o abióticas generan algún tipo de estrés, el crecimiento de los brotes disminuye, probablemente como estrategia para evitar el desarrollo pleno del árbol ante las posibles condiciones adversas. Cuando el crecimiento de los brotes se reduce o la expansión foliar es menor a lo normal por razones de estrés, la síntesis de proteínas disminuye y los aminoácidos no utilizados son catabolizados, lo cual deja sin uso y a disposición amonio (NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). En forma adicional, durante el período de estrés, la absorción de NO<sub>3</sub> y su reducción a NH<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y NR<sub>4</sub><sup>+</sup> continúa, aumentando aún más el contenido de amonio en las hojas del palto. En general, las plantas detoxifican el exceso de amonio a través de la biosíntesis de arginina; no obstante, cuando el mecanismo falla, este compuesto se acumula a niveles tóxicos, causando quemadura en el ápice de la hoja, necrosis del margen, abscisión foliar y muerte de brotes (LOVATT, 1987).

La naturaleza del factor que induce la disminución del crecimiento en palto, parece ser fundamental en el estímulo de este proceso enzimático. LOVATT (1987), indica que la detención del crecimiento en el árbol de palto, estimulada por la disminución de las temperaturas, induciría la síntesis de arginina, sin embargo, la detención del crecimiento en este frutal, provocada por la disminución de los aportes hídricos, no tendría influencia sobre este mecanismo homeostático lo que provocaría una acumulación de amonio.

Las altas concentraciones de amonio en los órganos del palto provoca la muerte celular de hojas y brotes, lo que puede derivar en una abscisión prematura de hojas, disminuyendo la capacidad fotosintética de los árboles y, posteriormente, la capacidad productiva. La determinación de la presencia y el nivel de manifestación de este tipo de síntomas, podría ser un factor por evaluar al aplicar déficit hídricos en palto, a partir de la cual sería posible definir el nivel de restricción de la tasa de riego a la que se podría llegar en esta especie.

De acuerdo a TAIZ y ZEIGER (1991), otra de las respuestas adaptativas que manifiestan las plantas bajo situaciones de sequía es el desarrollo de raíces en profundidad. En estudios de disminución de la tasa de riego en palto realizados por LAHAV y KALMAR (1977a) y LAHAV, KALMAR y STEINHARDT (1992), se determinó que al disminuir los aportes hídricos en palto mediante el aumento del intervalo entre riegos, la actividad de las raíces de este frutal aumenta en las estratas que están a una profundidad mayor a los 60 cm.

En ciertas especies, la disminución de los aportes hídricos durante el período de inducción se ha asociado a un aumento en la intensidad de floración. Es así como MITCHELL, JERIE y CHALMERS (1984) determinaron que la disminución de los aportes hídricos en peral, a fines de primavera, aumentaba la densidad de floración en la temporada siguiente.

De igual manera, LOVATT (1987) señala que la disminución del volumen de riego en cítricos durante el otoño, aumenta los niveles de floración en primavera.

Estudios realizados en palto por LAHAV y KALMAR (1983) y CHAIKIATTTYOS, MENZEL y RASMUNSEN (1994), señalan que la disminución de los aportes hídricos

durante el período de inducción (otoño) no intensifica la floración de primavera en palto. Sin embargo, mediante la utilización de bajas temperaturas se ha logrado inducir la floración en árboles de esta especie (LOVATT, 1987; CHAIKIATTIYOS, MENZEL y RASMUNSEN, 1994).

LOVATT (1987) indica que la inducción en esta especie, al igual que en cítricos, estaría fuertemente relacionada con la acumulación de arginina. Sin embargo, debido a que en palto la síntesis de este aminoácido estaría relacionada con la disminución del crecimiento inducido por bajas temperaturas, la reducción de los aportes hídricos no tendría influencia, por sí sola, sobre la intensidad de floración en este frutal.

LAHAV y KALMAR (1977) señalan que la disminución del tamaño de los árboles de palto al reducir los volúmenes hídricos, resulta conveniente desde un punto de vista práctico, ya que árboles más pequeños facilitarían las labores, especialmente de cosecha. Sin embargo, en numerosos estudios realizados en palto, en los que se ha disminuido la tasa de riego a través del aumento del intervalo entre riegos, se ha encontrado que esta restricción del crecimiento vegetativo se liga a una disminución de la producción por el menor número y menor calibre de la fruta producida (LAHAV y KALMAR, 1977; LAHAV y KALMAR, 1977a; LOVATT, 1990).

Evidentemente, las plantas no responden directamente a las frecuencias de riego, sino que al potencial de agua en el suelo. Al realizar riegos de baja frecuencia, los valores de potencial entre riego pueden llegar a aumentar a valores críticos (RODRIGO, 1992).

AL respecto, MITCHELL, JERIE y CHALMERS (1984) señalan que la disminución de los aportes hídricos en duraznero durante la fase 11 de desarrollo del fruto, mediante el aumento del intervalo entre riegos, disminuye el crecimiento vegetativo, pero también los volúmenes de producción. Por otra parte, afirman que al disminuir los aportes hídricos a niveles inferiores, pero utilizando riegos de alta frecuencia, se restringe solo el crecimiento vegetativo y, además, se mejora la calidad de la fruta. Estos resultados los atribuyen al sistema de riego empleado, ya que permite la aplicación de pequeños volúmenes de agua

cada día, lo que prevendría la caída de fruta al disminuir de los excesivos niveles de estrés en los árboles.

ADATO y LEVINSON (1988, 1991) obtuvieron resultados similares en palto cv. Fuerte al disminuir durante toda la temporada de riego los aportes hídricos en un 30%, mediante la técnica de negó por goteo intermitente. Estos autores señalan que la aplicación de negos de alta frecuencia (en pulsos) disminuye los efectos de la competencia interna entre los distintos órganos del árbol y los capacita para responder más eficientemente a condiciones de alta demanda atmosférica.

Por otra parte, ZUR y SALVAD1 (1976) indican que al aumentar el número de pulsos de riego se genera una mejor relación aire-humedad en el espacio poroso, lo que permite una mejor condición para la absorción por parte de la planta. En este mismo sentido, GONZÁLEZ (1996) indica que al aplicar riegos pulsados en tomate, determinó que existe una relación directa entre el aumento del fraccionamiento del riego con respecto al desarrollo radicular, lo que atribuyó al balance entre la proporción de aire y humedad que alcanzó el sustrato mediante esta técnica.

De igual manera, ADATO y LEVINSON (1988, 1991) señalan que el nivel de fraccionamiento de los volúmenes de agua aplicados en palto durante el día generaron una condición de oxigenación en el suelo que permitió, en las condiciones experimentales de ensayo, el desarrollo de un volumen de raíces absorbentes en 127% más densas que las raíces de árboles regados en forma tradicional.

ADATO y LEVINSON (1991) indican que la aplicación de un 70% de los requerimientos hídricos en palto cv. Fuerte, mediante la técnica de riego pulsado, aumenta la eficiencia en el uso del agua de tal manera que los niveles de producción son incrementados en cuanto a número de frutos, sin afectar significativamente los calibres.

Algunos frutos como el duraznero y cítricos son susceptibles de experimentar crecimientos compensatorios al reanudar el riego tras un período de déficit (SÁNCHEZ, BLANCO y TORRECILLAS, 1995).

Sin embargo, por un lado, LAHAV y KALMAR (1977a) y TELLO (1991) indican que al disminuir los aportes hídricos en palto cv. Hass durante toda la temporada de riego, la fruta que no se desprende del árbol crece a una velocidad mucho menor que aquella de árboles que reciben el 100% de los aportes. Con la llegada de las lluvias, en invierno, la fruta de los árboles regados deficitariamente crece a una tasa varias veces superior a la de aquéllos que han recibido el 100% de los aportes, pero no son capaces de alcanzar calibres exportables.

Trabajos posteriores de LAHAV y KALMAR (1983), señalan que al reducir las láminas de riego sólo en el período de otoño, la velocidad de crecimiento de la fruta disminuye pero no su número, y con la llegada de las lluvias la fruta crece aceleradamente y es capaz de alcanzar calibres exportables.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Estación Experimental "La Palma", perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso. El ensayo se estableció en dos huertos de paltos correspondientes al cultivar Hass injertado sobre patrones de semilla variedad Mexícola. Al momento de comenzar el ensayo, uno de los huertos estaba en su segundo año de plantación, a una distancia de 4m x 6m y era regado con 2 goteros autocompensados de 4 l/h por árbol, este huerto se denominó "HUERTO GOTEO". El otro huerto estaba en su cuarto año de plantación, con un marco de plantación de 5m x 5m y regados con 1 microaspersor autocompensados de 36 l/h por árbol, este último se denominó "HUERTO MICROASPERSIÓN".

El área en donde se realizó el ensayo presenta un clima templado cálido con estación seca prolongada (7 - 8 meses), y se ubica en la zona de los valles transversales (NOVOA *et al.* 1989).

El suelo, según MARTÍNEZ (1981), pertenece a la serie La Palma, de tipo sedimentario, profundo y de origen coluvial; con textura superficial franco-arcillosa a arcillosa en profundidad; substrato de gravas y piedras con material intersticial de suelo, permeabilidad moderada, buen drenaje; plano, en posición de plano inclinado y microrrelieve ligeramente acentuado.

#### 3.1. Diseño experimental:

En ambos huertos se aplicaron nueve tratamientos de riego, los cuales consistieron en la evaluación del efecto de tres láminas durante toda la temporada (100%, 75% y 50% de la evapotranspiración del cultivo (ETc)) y de tres combinaciones de ellas, aplicadas en diversas épocas (Cuadro 1).

CUADRO I. Tratamientos RDC aplicados en los huertos en ensayo

Tratamientos	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
T0	100%							
T1	75%							
T2	50%							
T3	75%				100%			
T4	50%				100%			
T5	100%				75%		100%	
T6	100%				50%		100%	
T7	100%				75%			
T8	100%				50%			

El HUERTO GOTEIO constó de cuatros bloques con los tratamientos distribuidos completamente al azar; cada tratamiento contenía tres árboles, para minimizar el efecto borde. Su distribución espacial se puede apreciar en el ANEXO 1.

El HUERTO MICROASPERS10N, además de los nueve tratamientos, posee los tratamientos T9 y T10, de 150 y 130% de la ETc, respectivamente. Estos últimos, si bien no corresponden a un RDC, ya estaban establecidos y se mantuvieron en el ensayo para determinar su efecto en los parámetros a evaluar. Este huerto consta de 5 bloques. Su distribución espacial de aprecia en el ANEXO 2.

Cabe acotar que ambos huertos han sido conducidos bajo un RDC desde la temporada 1998-1999; sin embargo, estos ensayos no contemplaban la totalidad de los tratamientos definidos para el presente trabajo, ya que se trataba de una primera aproximación a los períodos críticos de este frutal. No obstante, existen parámetros medidos en el período correspondiente al actual ensayo, que corresponden a respuestas de estos tratamientos, por lo tanto, al momento de realizar un análisis de estos parámetros, se debe tener en cuenta estos tratamientos. Los Cuadros 2 y 3 muestran los tratamientos a los cuales fueron sometidos. Para fines prácticos, se estandarizó al actual nombre cada uno de los tratamientos aplicados en la temporada anterior.

CUADRO 2. Tratamientos RDC aplicados al HUERTO GOTEO en la temporada 1998-1999.

Tratamientos	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
T0	100%							
T1	75%							
T2	50%							
T3	75%						100%	
T4	50%						100%	
T7	100%						75%	
T8	100%						50%	

CUADRO 3. Tratamientos RDC aplicados al HUERTO MICROASPERION, temporada 1998-1999

Tratamientos	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
T0	100%							
T1	75%							
T2	50%							
T3	75%						100%	
T4	50%						100%	
T9	150%							
T10	130%							

### 3.2. Programación del riego:

El cálculo de las necesidades hídricas del cultivo se realizó sobre la base de la bandeja evaporimétrica clase A USWB, mediante la siguiente relación:

$$ETc = ETb * Kp$$

Donde ETc corresponde a las necesidades del cultivo, el ETb corresponde a la evaporación de la bandeja Clase A y el factor Kp, corresponde a los factores del cultivo y de instalación de la bandeja. Los valores de Kp utilizados a través del año corresponden a aquéllos determinados por la Estación Experimental La Palma (ANEXO 3).

La variación del volumen de riego se realizó en el HUERTO MICROASPERION mediante la variación del caudal de 36 lt/hr que era aportado por 1 microaspersor para cada árbol. Para

dicho fin se conectó a la línea de riego de cada hilera en experimento un lateral adicional con un microaspersor autocompensado (Dan 2001) frente a cada árbol, el que aportó el caudal correspondiente a cada tratamiento. Las descargas de los emisores para los tratamientos deficitarios correspondieron a 28 It/h y 20 It/h, lo que representó un aporte aproximado del 75% y 50% en relación al testigo, respectivamente. El flujo de agua en las dos líneas de riego, ubicadas en las hileras en tratamiento, se controló a través de una válvula de bola instalada en cada una de ellas.

La frecuencia de riego fue diaria para todos los tratamientos.

En el caso del HUERTO GOTEJO, la variación se realizó mediante el intercambio de los dos emisores de 4 It/hr (100%), a uno de 4 It/hr y otro de 2 It/hr o ambos de 2 It/hr, para lograr el 75% y 50% de la Etc, respectivamente.

### 3.3. Manejos:

Se llevaron a cabo los mismos manejos realizados en el resto del huerto, en relación al control de malezas y nutrición, basados en las labores convencionales requeridas para estos huertos y definidas por la Estación Experimental La Palma.

### 3.4. Mediciones:

Las mediciones se realizaron de acuerdo a un protocolo de operación en el que se estableció la fecha y periodicidad en que éstas serían efectuadas (carta Gantt, ANEXO 4). Este protocolo se basa en el trabajo realizado por AMPUERO (1998), donde define las estrategias a seguir para aplicar un RDC en palto, en la localidad de Quillota.

### 3.2.1. Parámetros del suelo:

**Contenido de humedad:** Con el objetivo de estimar la eficiencia en el uso del agua y observar el movimiento del agua en el perfil por parte de las plantas en tratamiento, se realizaron mediciones del contenido de humedad del suelo utilizando una sonda de capacitancia. Para dicho fin, se instalaron en todos los tratamientos tubos de acceso en la sobrehilera, por los cuales se midió el contenido volumétrico de humedad (%) a profundidades de: 20, 40, 60, 80 y 100cm. Las mediciones de este parámetro se realizaron a partir de la primavera de 1999, con una frecuencia semanal. La distribución de los puntos de medición para ambos huertos se puede observar en los ANEXOS 1 y 2.

### 3.2.2. Parámetros del árbol:

**Volumen de canopia:** Se registraron los parámetros de altura y radio de los árboles en primavera y otoño, con el objetivo de estimar el volumen de canopia de acuerdo a la siguiente expresión señalada por LAHAV y KALMAR (1977) para el cv. Hass.

$$V = 2/3 * a * b (m^3)$$

Donde:

V: corresponde a volumen de canopia

a : altura del árbol

b : radio del árbol.

**Crecimiento de brotes:** Previo al inicio de cada ciclo de crecimiento (otoño y primavera) se marcaron 4 ramillas en los cuatro puntos cardinales de cada uno de los árboles en tratamiento, en las que se siguió el crecimiento del brote apical, con el fin de estimar la tasa de crecimiento vegetativo en el tiempo. Las mediciones se realizaron al principio y al final de cada régimen de riego, en primavera, y semanalmente en primavera con el fin de individualizar mejor este parámetro en el tiempo.

**Potencial hídrico foliar:** Con el objetivo de determinar el estatus hídrico de los árboles, se utilizó una bomba de presión tipo Scholander. La extracción de las hojas se realizó entre las 6:30 y 7:00 horas, las cuales fueron envueltas en bolsas plásticas y almacenadas en un recipiente refrigerado para evitar su deshidratación; un estudio previo al período de mediciones determinó que en estas condiciones, las muestras pueden ser medidas hasta las 9:00 hrs, sin que presenten variaciones sustanciales a los potenciales que poseían al momento de ser sacadas del árbol. El muestreo consistió en la extracción desde la cara norte de 3 hojas sanas y maduras desde el tercio superior de brotes del último crecimiento de la temporada. Las mediciones se realizaron en los mismos árboles que poseen los tubos de accesos para la medición de humedad, con el fin de lograr una correlación entre ellos, ya obtenidas en otros estudios **CONTADOR** (1998).

**Estado sanitario y nutricional de las plantas:** La evaluación se realizó mediante la observación del nivel de necrosis de hojas y transparencia de los árboles. Además, en todos los tratamientos, se realizó un análisis foliar en la época de otoño, con el fin de establecer el estado nutricional de las plantas, según los estándares sudafricanos.

**Crecimiento de frutos:** Se marcaron cinco frutos por cada árbol en tratamiento, en los cuales se realizó un seguimiento de los diámetros ecuatorial y polar, con el fin de determinar su velocidad de crecimiento. Las mediciones otoñales se realizaron al principio y final de cada periodo de riego y las primaverales semanalmente.

**Producción y calibre de fruta:** La cosecha se realizó la tercera semana de septiembre para el HUERTO MICROASPERSIÓN y la primera semana de diciembre para el HUERTO GOTEÓ. Al momento de cosechar se pesó la totalidad de la cosecha y se procedió a clasificar la fruta por calibre, de acuerdo al siguiente criterio utilizado por TELLO (1991):

- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| - Calibre primera | Más de 200 g  |
| - Calibre segunda | 200 al 80 g   |
| - Calibre tercera | Menor a 180 g |

**Porcentaje de aceite de los frutos:** Se siguió el protocolo definido por ESTEBAN (1993), el cual obtuvo la siguiente relación entre el contenido de humedad y el porcentaje de aceite de los frutos de palta Hass:

$$\text{Porcentaje aceite (\%)} = 53,4838 - 0,57670 \text{ humedad}$$
$$(\%) R^2 = 0,98$$

#### 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

##### Huerto Goteo:

No se observó diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) para los parámetros productivos (producción, crecimiento de fruto, contenido de aceite), así como tampoco en los de carácter vegetativo (volumen de canopia y crecimiento de brote).

El análisis de los resultados parte por la determinación de la cantidad de agua que recibió cada tratamiento. Si bien no existe una información precisa sobre el riego que debe ser aplicado a huertos en formación, se realizó una estimación de las necesidades hídricas de los huertos en ensayo, tomando como base los requerimientos de un huerto adulto, corrigiendo posteriormente dichos valores por un porcentaje de superficie utilizada (porcentaje de cubrimiento de los árboles en relación a la superficie designada). La comparación de ambos valores se puede observar en la Figura 2.

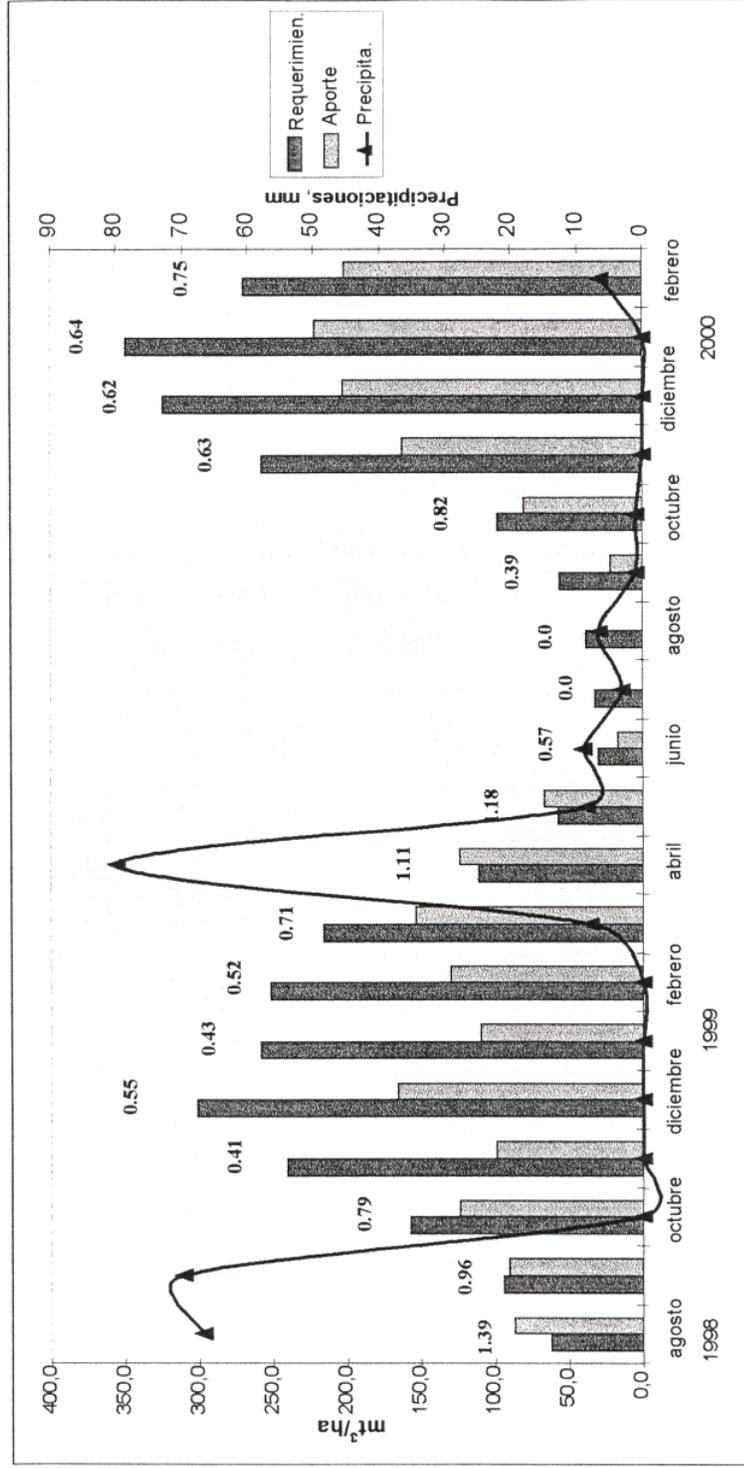


FIGURA 2. Comparación entre los aportes hídricos realizados (riegos) con las necesidades hídricas del palto (*Persea americana* Mill), mediante el método de bandeja Clase A. Los números sobre las barras representan la relación metros cúbicos aplicados/metros cúbicos necesarios estimados

El tratamiento testigo correspondió al riego convencional realizado por la Estación Experimental La Palma. Al efectuar la comparación con la estimación hecha mediante los requerimientos de bandeja, se observa que el testigo recibió en promedio un 60% de los requerimientos estimados, llegando a recibir sólo el 40% de sus requerimientos en períodos críticos como la primavera. La situación en los tratamientos que contemplaban una restricción hídrica fue aun más crítica. Tratamientos que requerían la aplicación de un 50% con respecto al testigo, recibieron sólo el 20% de lo requerido en ciertos períodos. Esta situación debe ser tomada en cuenta, al momento de concluir sobre las respuestas de los tratamientos, por el grado de distorsión que este hecho provoca.

Bajo este marco, resulta difícil concluir sobre cuál es el efecto del palto bajo condiciones de estrés leve. Tanto el crecimiento reproductivo como vegetativo resultaron sin significancia, lo que contradice fuertemente a los trabajos realizados por LOVATT (1987). Teniendo en cuenta la fuerte restricción sufrida en este huerto, los resultados de crecimiento reproductivo (Figura 3 y 4), estado nutricional (Figura 5) y crecimiento vegetativo (Figura 6), deben ser tomados con precaución. Un análisis visual del huerto denota un crecimiento vegetativo poco vigoroso, falta de turgor, además de una floración y cuaja muy pobre. Se pudo determinar que restricciones a un 60% de los requerimientos del cultivo estimados según bandeja (tratamiento testigo), produce una respuesta no significativamente diferente a la obtenida con una restricción a un 30% (tratamiento con un 50% del testigo).

Una posible explicación de este fenómeno se podría encontrar en el hecho de que la variedad se encuentra sobre patrón "franco", lo que incluye otra fuente de variación en la respuesta a los tratamientos; numerosos son los trabajos que hablan de la influencia de los patrones sobre parámetros como aclimatación a la sequía y precocidad de producción. Este último aspecto cobra vital importancia al considerar que fue ésta la primera producción del huerto.

Cabe señalar que tanto el parámetro de humedad de suelo (Figura 7) como el de potencial hídrico foliar (Figura 8), fueron evaluados sólo a partir de la primavera de 1999, como resultado de un periodo previo de implementación de la metodología e instalación del equipamiento necesario.

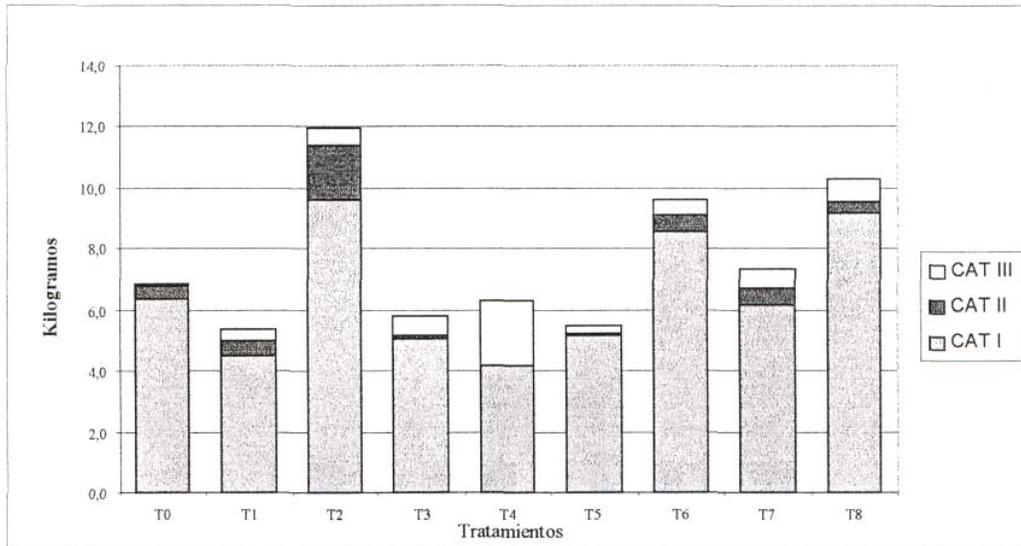
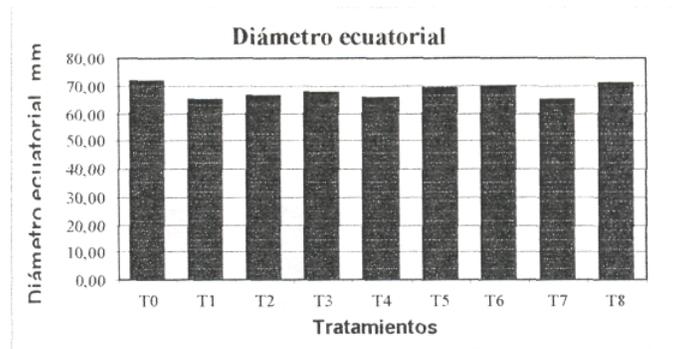
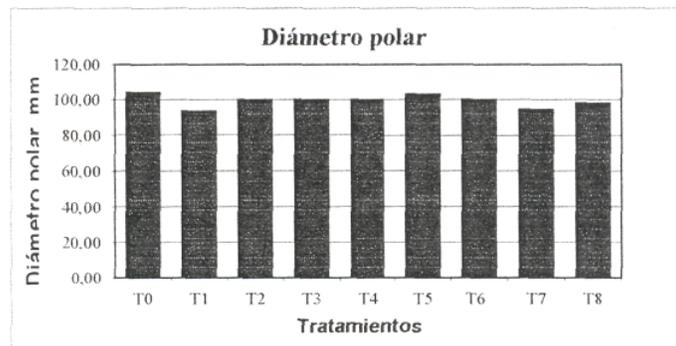


FIGURA 3. Producción HUERTO GOTEJO, temporada 1999-2000. Kilogramos totales y por categorías por tratamiento

a)



b)



c)

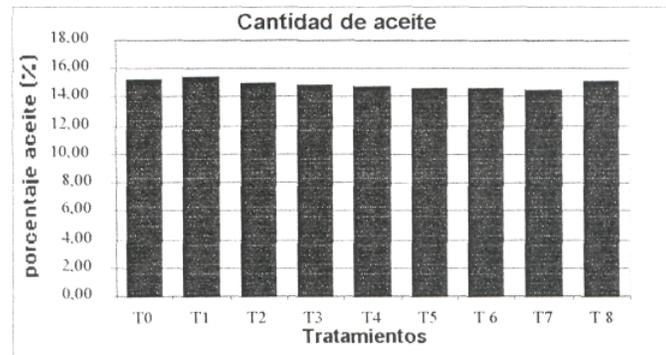


FIGURA 4 Evaluación del crecimiento reproductivo HUERTO GOTEÓ. Crecimientos finales promedio de los frutos: a) diámetro ecuatorial, b) diámetro polar y c) porcentaje aceite por tratamiento.

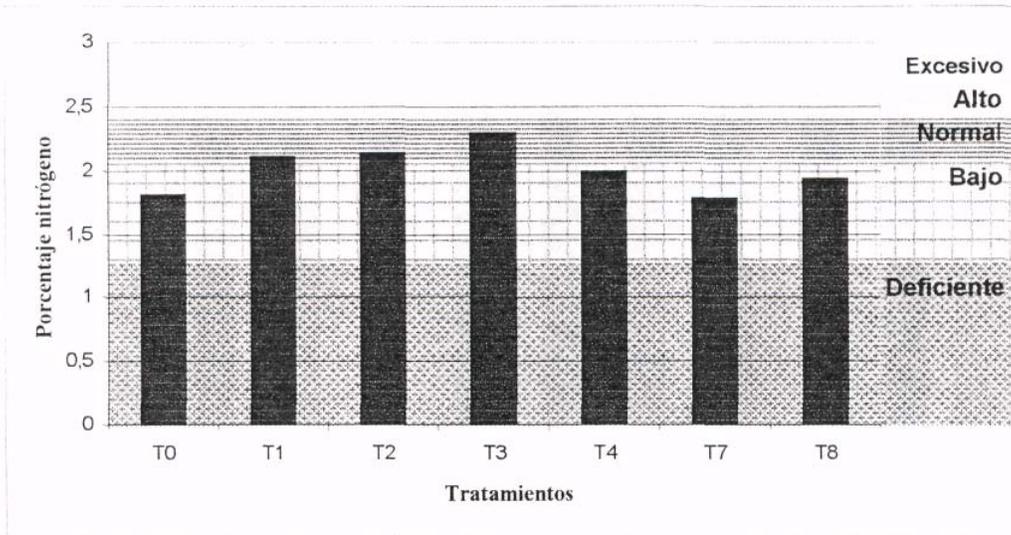
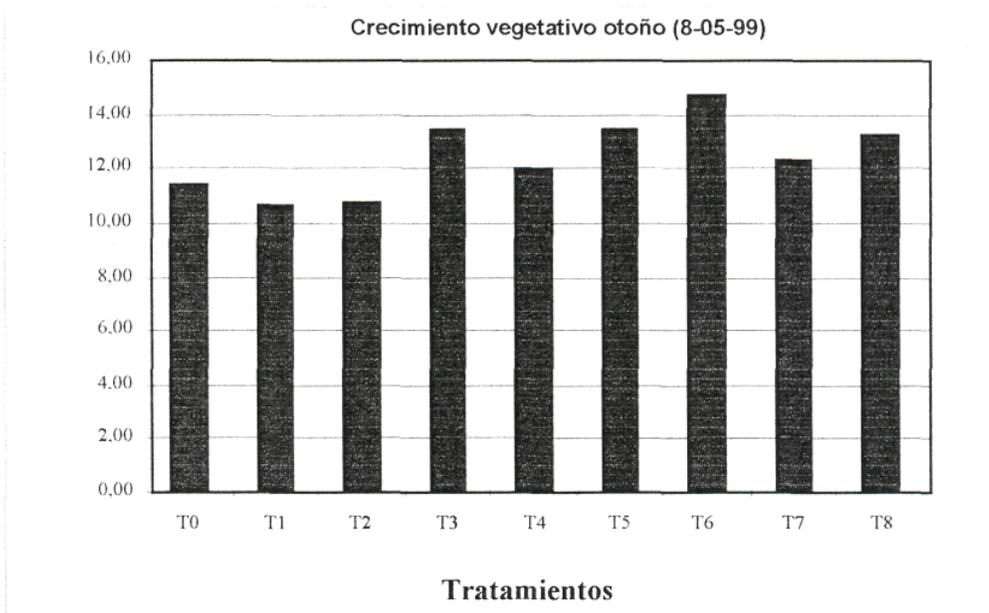


FIGURA 5. Contenido de nitrógeno foliar (%). HUERTO GOTEEO, realizada en otoño de 1999, correspondiente a la temporada 1998-1999

a)



b)

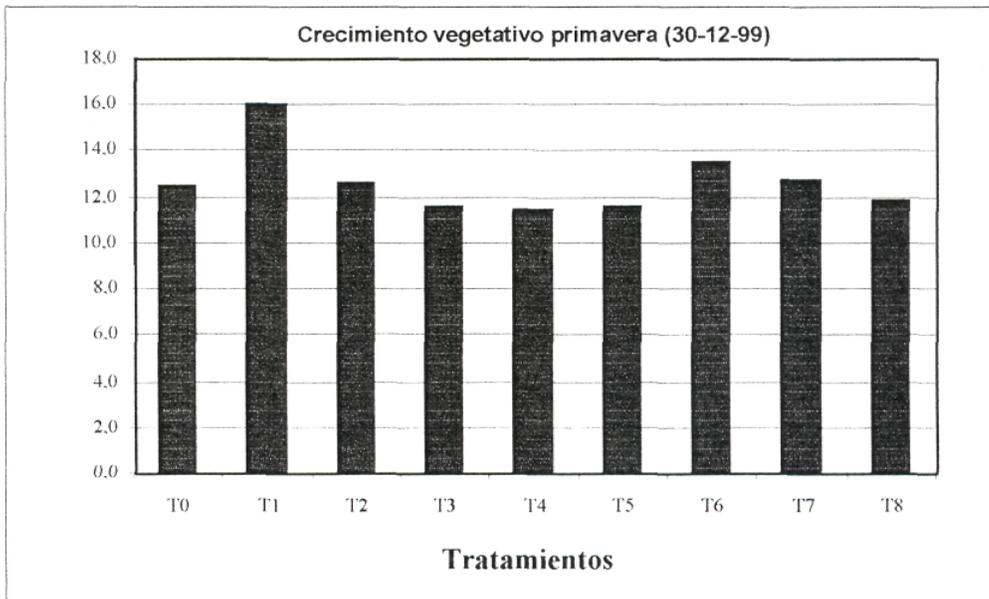


FIGURA 6. Evaluación del crecimiento vegetativo: a) brotación de otoño (18-05-99) y b) brotación de primavera (30-12-99), en HUERTO GOTEO.

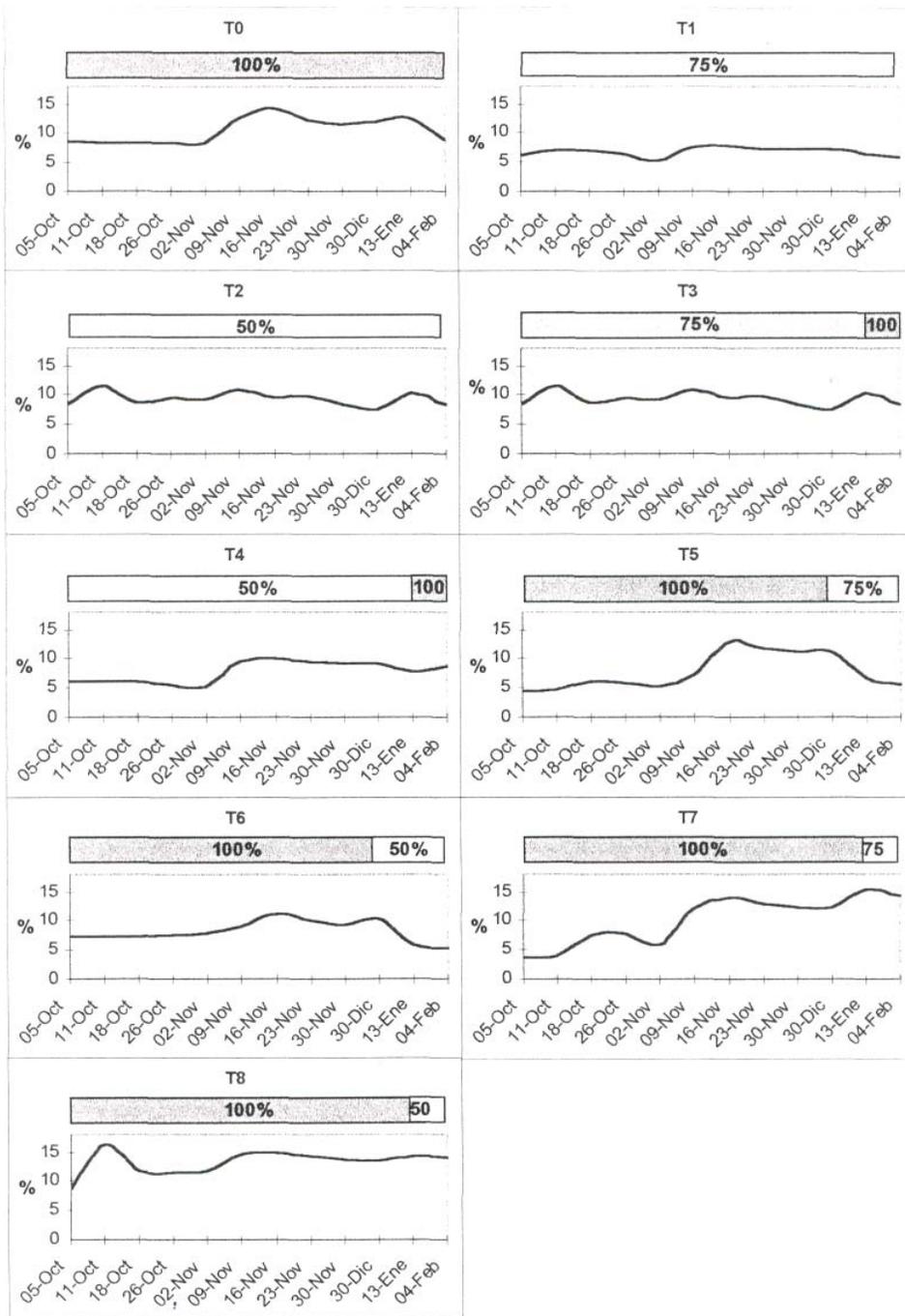


FIGURA 7. Evolución del contenido de humedad (% volumétrico) promedio en la estrata comprendida entre los 20-40 cm de profundidad. HUERTO GOTEO.

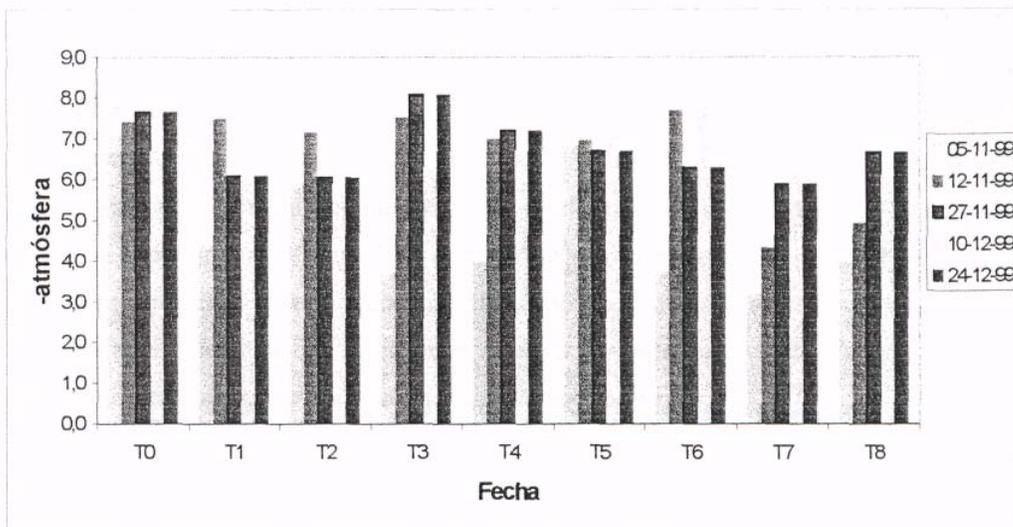


FIGURA 8. Potencial hídrico foliar, medido en la primavera de 1999, para el HUERTO GOTEO

Al analizar el contenido de humedad del suelo en el tiempo (Figura 7), se puede ver que no existen diferencias consistentes entre los tratamientos. Esto se puede atribuir al efecto que tuvo la instalación de los tubos de acceso de la sonda de capacitancia, sobre la integridad del suelo, distorsión que se extendió por un par de semanas, mientras se lograba el asentamiento de la tierra y el crecimiento de nuevas raíces. Además, la distancia desde el tubo hasta el emisor se estandarizó a 40 cm, pero el continuo desplazamiento de personal en el huerto produjo la alteración de esta distancia, afectando con ello la medición del contenido de humedad en el suelo, ya que la cantidad de agua presente en el suelo, cuando se está en presencia de goteros, es muy sensible a la distancia de éstos.

Por otro lado, la modificación de régimen se lograba con el cambio de un emisor (75%) o de los dos (50%); como la medición estaba ligada sólo a un emisor (un tubo por medición), ocurrió el caso del tratamiento T3, en el cual el contenido de humedad fue seguido en el gotero de 4 l/h, en comparación con el tratamiento T1, que fue seguido en el gotero de 2 l/h. Esto provocó que, aun cuando estaban bajo igual régimen de riego durante el período de septiembre a diciembre, presentaran contenidos completamente distintos

El contenido de nitrógeno foliar (Figura 5) fue afectado por el déficit hídrico. Cabe acotar que la aplicación del fertilizante se realizó mediante el sistema de negó, sin suplementar a aquellos tratamientos en que se aplicó menos riego que el testigo. Este será discutido más adelante, junto al análisis realizado sobre el HUERTO MICRO ASPERSIÓN.

Los potenciales hídricos medidos en las hojas (Figura 8) se mantienen independientes del volumen aplicado a cada tratamiento. Los tratamientos T2 y T3 aun cuando poseen descargas diferentes de agua, mantienen potenciales muy similares; contrariamente los tratamientos T0, T7 y T8, que reciben igual carga, presentan diferencias en los potenciales. Esto podría indicar cierta capacidad de "aislarse" del contenido de humedad del suelo, dentro de los rangos de humedad manejados en el experimento, lo cual podría relacionarse con un grado de ajuste osmótico para regular la presión interna. Este hecho concuerda con los trabajos de BARRIENTOS, RODRÍGUEZ y ESPINOZA (1993). Sería interesante establecer mediante análisis bioquímicos hasta qué punto esta especie es capaz de realizar el referido

ajuste osmótico. Cabe recordar que la medición de humedad del suelo adolece de numerosas imprecisiones, por lo cual esta aseveración no puede ser concluyente.

### Huerto Microaspersión

El HUERTO MICROASPERSIÓN cuenta con datos provenientes de la temporada 1988-1999.

Al analizar los datos referentes al aporte hídrico realizado al HUERTO MICROASPERSIÓN (Figura 9), se puede observar claramente que existe una concordancia entre lo requerido y lo aplicado, esto permite inferir que el huerto fue sometido a un buen manejo del riego, por lo cual los resultados de los tratamientos pueden ser discutidos en profundidad.

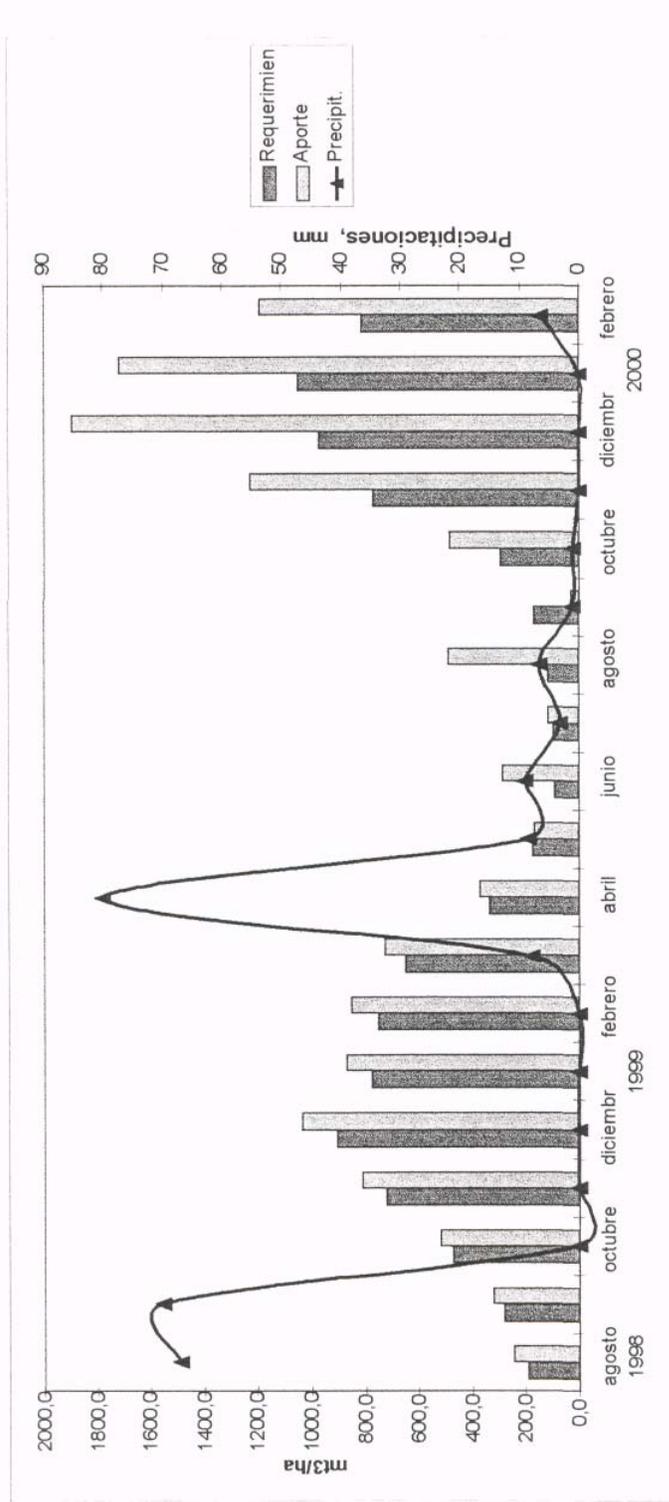
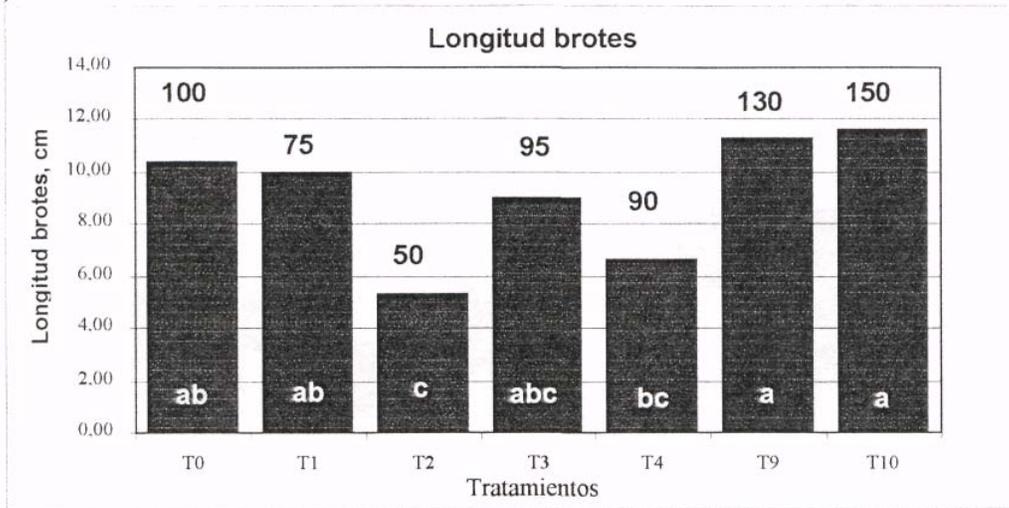


FIGURA 9. Comparación entre los aportes hídricos (riegos) con las necesidades hídricas del palto (*Persea americana* Mill), mediante el método de bandeja Clase A

Se expone a continuación, la presentación gráfica de la primera temporada de los parámetros de crecimiento vegetativo (Figura 10), crecimiento reproductivo, cosecha, tamaño fruto y contenido de aceite de los frutos a la cosecha (Figuras 11 y 12) y contenido de nitrógeno foliar (Figura 13). Además, se presentan los datos de crecimiento vegetativo (Figura 14), contenido de humedad del suelo (Figura 15) y potencial hídrico foliar (Figura 16) para la primavera de 1999.

a)



b)

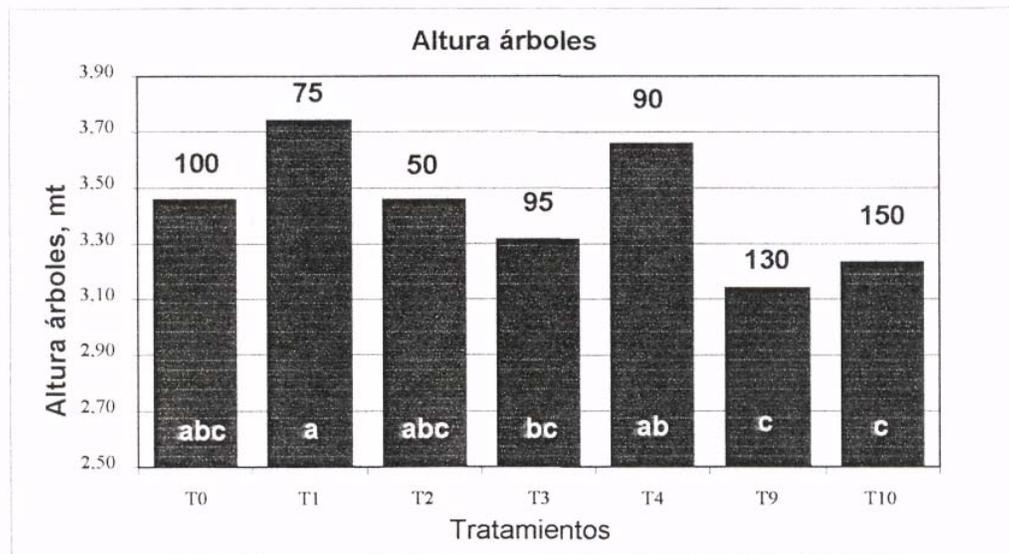


FIGURA 10. Evaluación del crecimiento vegetativo, HUERTO MICRO ASPERSIÓN, al finalizar temporada 1998-1999: a) corresponde al largo de los brotes, expresada en centímetros, los números sobre las barras corresponden al agua aplicada en el período, b) altura de los árboles, los números sobre las barras corresponden al porcentaje de agua aplicada en el total del periodo, en comparación con el testigo. Letras iguales no representan diferencias significativas con un nivel de significancia = 0.05 para el test H.S.D

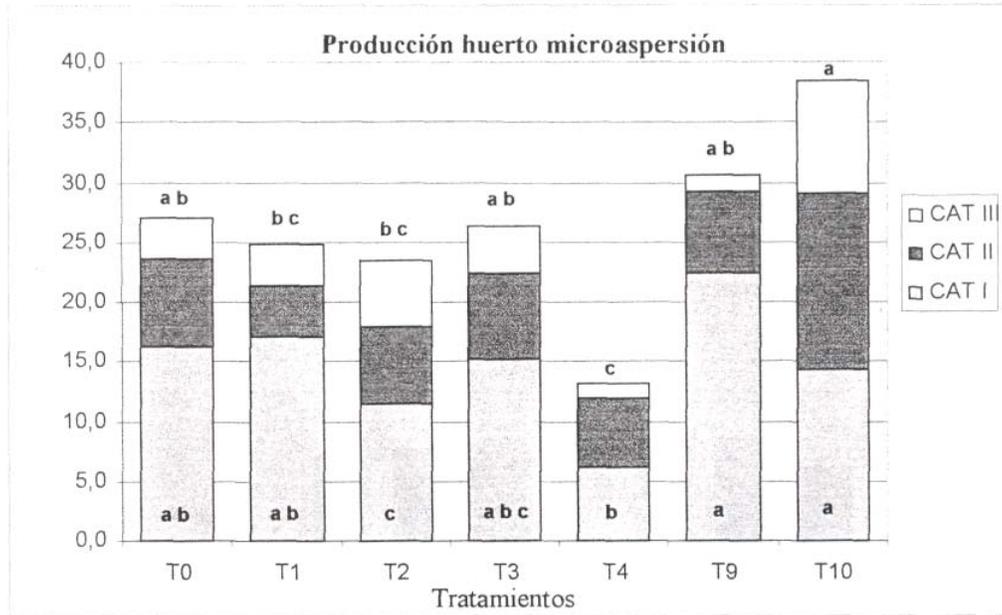
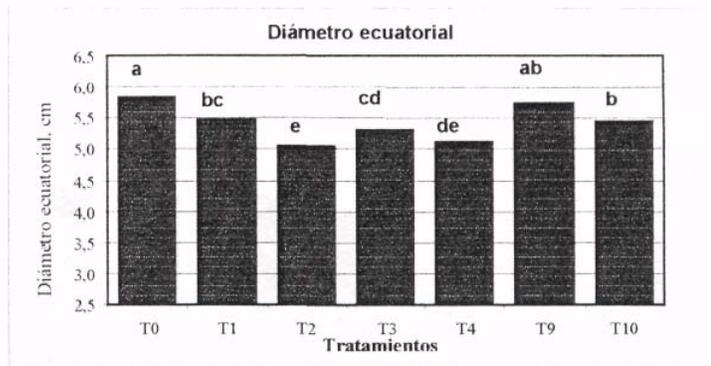
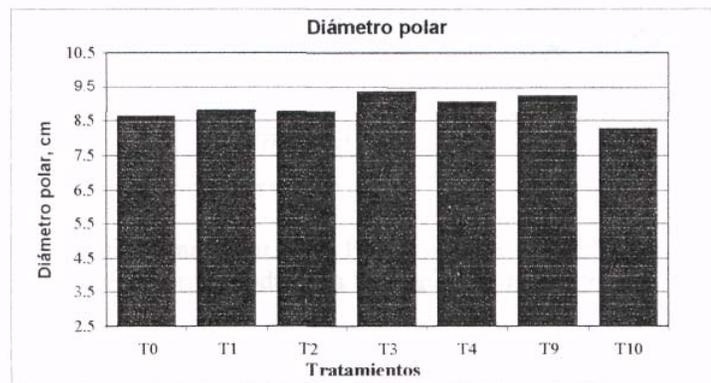


FIGURA 11. Producción acumulada temporadas 1998-1999 y 1999-2000, HUERTO MICRO ASPERSIÓN, kilogramos totales y por categorías por tratamientos. Las letras sobre las columnas corresponden a la separación de medias para los kilogramos totales, las que se encuentran en la base para la categoría I (CAT I). Letras iguales no representan diferencias significativas con un nivel de significancia = 0.05 para el test H.S.D

a)



b)



c)

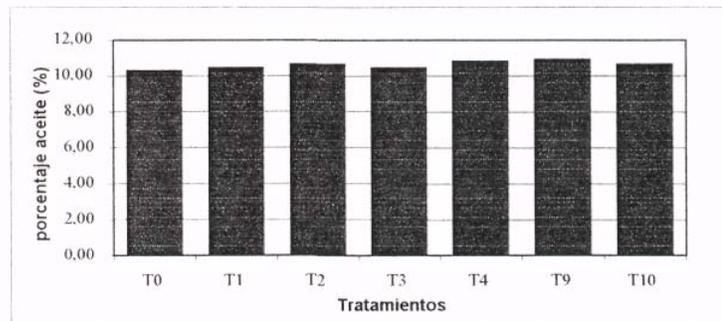


FIGURA 12. Evaluación del crecimiento reproductivo, HUERTO MICROASPERSION, temporada 1999-2000: a) diámetro ecuatorial, b) diámetro polar y c) porcentaje de aceite por tratamiento, a la cosecha. Letras iguales no representan diferencias significativas con un nivel de significancia = 0.05 para el test H.S.D

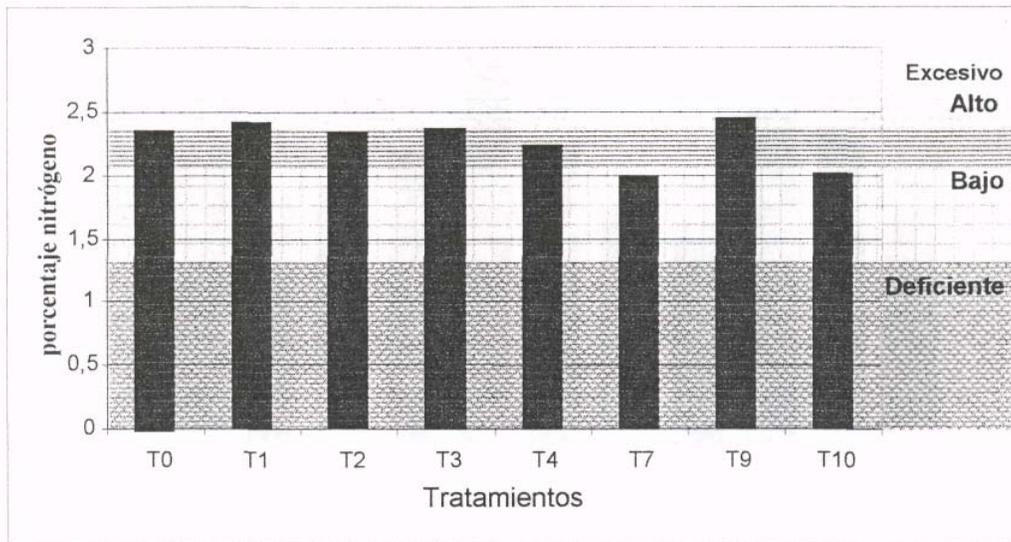


FIGURA 13. Contenido nitrógeno foliar (%). HUERTO MICROASPERSIÓN, realizada en otoño de 1999, correspondiente a la temporada 1998-1999

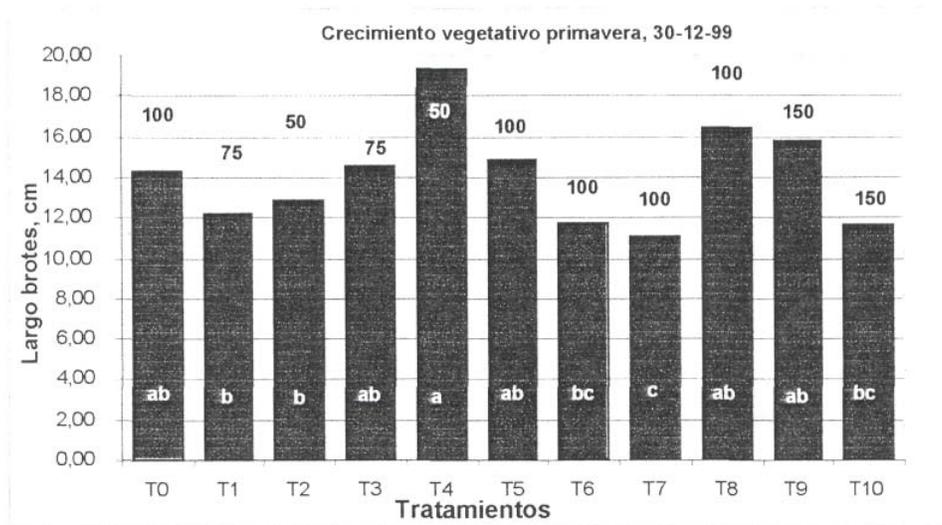


FIGURA 14. Largo final brotes durante la primavera de 1999, para el HUERTO MICRO ASPERSIÓN. Los números sobre las columnas representan el porcentaje de agua aplicada en el período. Letras iguales no representan diferencias significativas con un nivel de significancia = 0.05 para el test H.S.D.

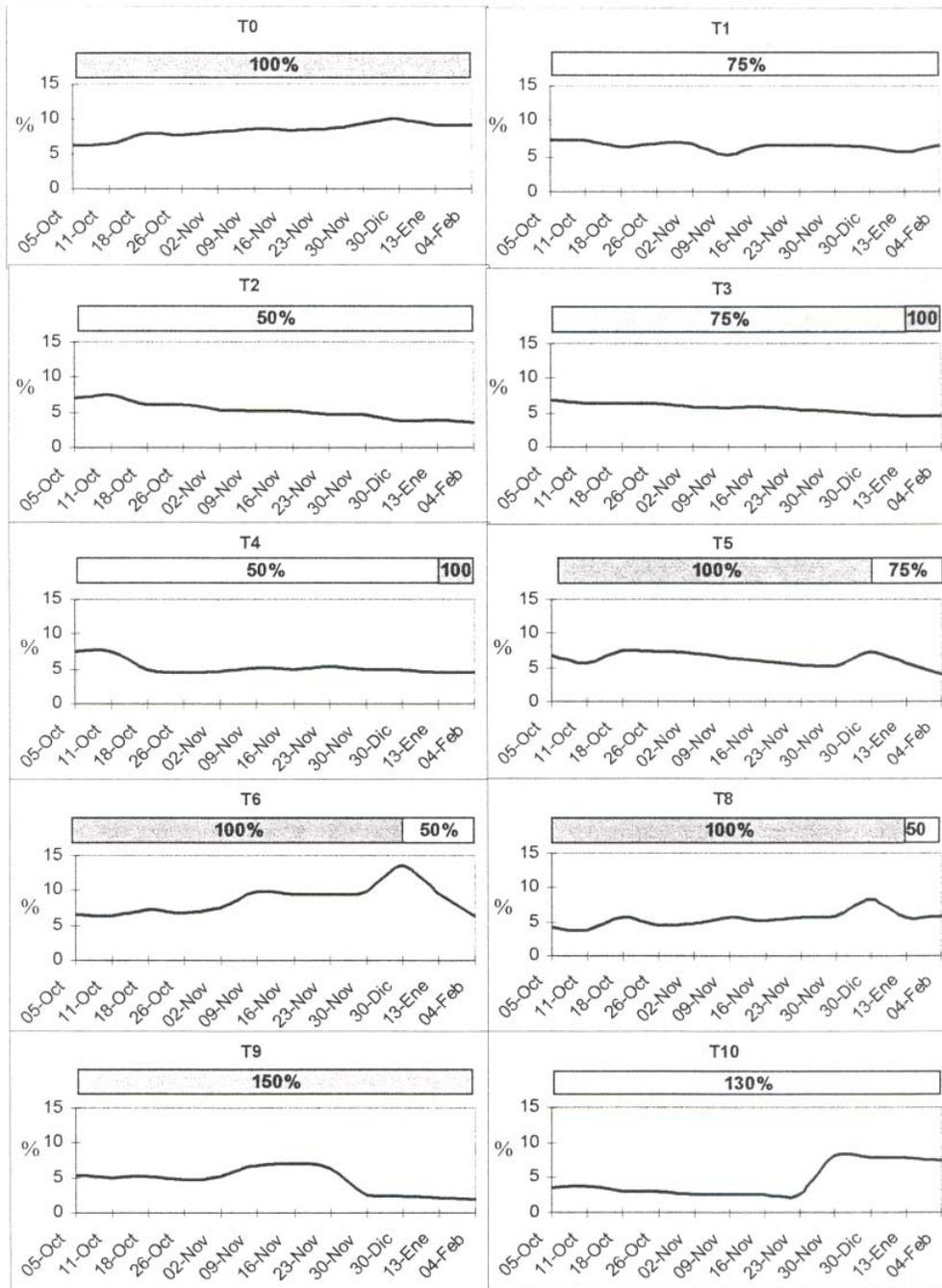


FIGURA 15.. Evolución del contenido de humedad (% volumétrico), promedio en la estrata comprendida entre los 20-40 cm de profundidad. HUERTO MICROASPERSIÓN.

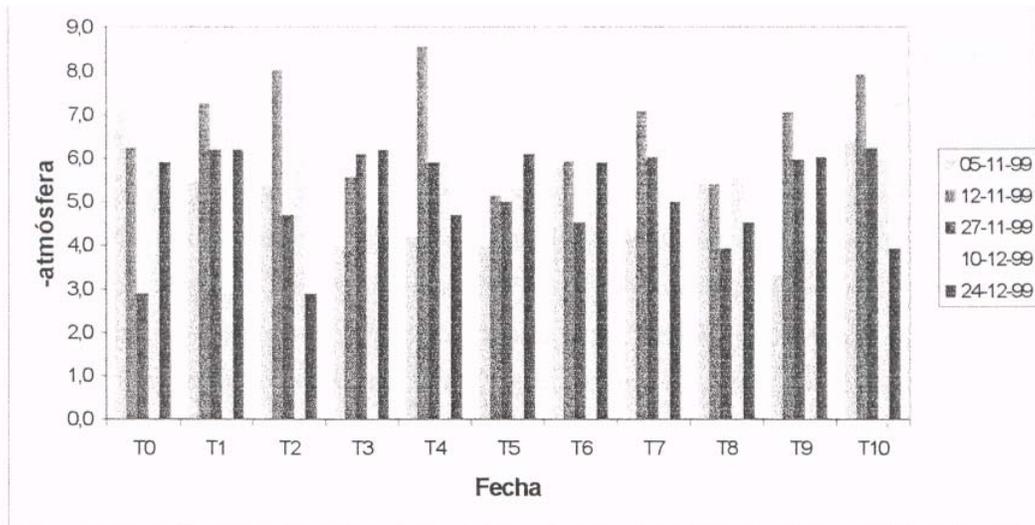


FIGURA 16. Potencial hídrico foliar, primavera de 1999, HUERTO MICROASPERSIÓN.

Con respecto al crecimiento vegetativo de la temporada 1998-1999 (Figura 10), la aplicación de un déficit resultó significativa. Al considerar la longitud de los brotes (Figura 10a), sólo el T2 resultó nítidamente diferente al testigo. Sin embargo, al analizar la altura de los árboles (Figura 10b), se aprecia una aparente contradicción, ya que aun cuando el crecimiento de los brotes individuales indicaban una diferencia significativa para T2, no se tradujo en una reducción del tamaño final de los árboles. Esta diferencia podría atribuirse al tamaño de la muestra, la que considera el seguimiento a sólo cuatro brotes por árbol, por lo cual con el grado de variación mostrado por estos, sería insuficiente para ser representativos del crecimiento del árbol. La impresión en campo concuerda más con el parámetro de altura, que si bien es más grueso, engloba el resultado general del crecimiento del árbol.

La respuesta de los tratamientos T9 y T10 parecen estar en clara contradicción con los trabajos realizados por LAHAV y KALMAR, (1977); MEYER *et al.*, (1990) y LAHAV *et al.*, (1992), los cuales señalan que a volúmenes mayores de agua aplicada presentaban tamaños finales mayores, pero se debe destacar que estos trabajos sólo consideran un rango por debajo del óptimo. Investigaciones realizadas por KURTZ, GUIL y KLEIN., (1992), quienes consideraron tasas de riego de un 130% de las necesidades durante toda la temporada, obtuvieron un menor crecimiento final de los árboles, relacionado con un contenido de agua excesivo. Asimismo, LAHAV y KALMAR (1983), obtuvieron un menor crecimiento en la brotación de primavera al manejar los riegos cuando la tensión mátrica llegaba a -20 cb, que cuando la dejaban llegar a -40 cb.

Sería esta condición, la de asfixia radicular, la que generaría un menor desarrollo vegetativo, según afirman WHILEY *et al* (1986). Esta disminución estaría relacionada con la capacidad que tienen las raíces de generar hormonas promotoras de crecimiento en condiciones de humedad óptima (citoquininas y giberelinas), así como hormonas promotoras de la abscisión (ácido abscísico) en condiciones de estrés. Además, existe una predisposición al ataque de patógenos (*Phytophthora cinnamomi*), no evidenciándose la presencia de esta enfermedad en el estudio.

De igual forma, los demás tratamientos contradicen los resultados de los investigadores ya citados, ya que no existe una diferencia clara de ningún tratamiento con respecto al testigo. Esta diferencia se puede deber a la forma de aplicar los riegos, dado que mientras las citadas investigaciones contemplaban la aplicación de bajas frecuencias, el ensayo fue conducido con riegos diarios. Según ADATO y LEVINSON (1991), esto provocaría un aumento en la eficiencia del recurso hídrico, mejorando además la aireación de los suelos, lo que según ZUR y SALVADI (1976), permite una mejor condición para la absorción del agua por parte de la planta. Lo anterior podría posibilitar un ajuste del agua aplicada al testigo, buscando un rango menor, para lograr un estrés leve.

El análisis de la producción 1998-1999 no muestra diferencia estadística. La producción 1999-2000 de igual manera, no evidencia algún tipo de diferencia. Lo anterior posiblemente se deba al fenómeno de la alternancia de la producción, el cual al parecer es más marcado que la respuesta a los tratamientos. Una forma de minimizar la variación producida por este fenómeno es sumar ambas producciones (Figura 11). Al realizar esta suma, observamos que si bien no existe una diferencia significativa en la producción total, para la mayoría de los tratamientos, la distribución de calibres se ve afectada. La Figura 12a, muestra la relación directa entre el diámetro ecuatorial de la fruta con los volúmenes de agua aplicados, no así con el diámetro polar (Figura 12b), lo que indicaría que una restricción hídrica en los frutos, se expresa más sensiblemente en el primero.

Lo anterior podría ser explicado por una diferencia en la importancia relativa que los procesos de división y elongación celular tienen en la expresión de los diámetros. Mientras el aumento del diámetro polar, está más relacionado con el fenómeno de división celular, el incremento del diámetro ecuatorial está más vinculado con el fenómeno de elongación celular. La mayor sensibilidad del proceso de elongación está influida por su mayor demanda del recurso hídrico (HSIAO, 1990)

Los resultados de producción y calibre apoyan la tesis de LAHAV y KALIVAR (1977a) y TELLO (1991), los cuales afirman que el volumen de la fruta no varía significativamente, pero que los calibres se ven afectados. Resultados similares fueron obtenidos por

LOVATT (1990) y KURT, GUIL y KLEIN (1992). No existe una explicación aparente para el resultado del tratamiento T4, el cual tiene una producción significativamente menor, pero con un aporte muy cercano al testigo (90%), e incluso con una restricción menor al tratamiento T1.

El contenido de nitrógeno foliar al final de la temporada (Figura 13), tiene relación con la demanda de los árboles. Aquellos tratamientos que presentaron un menor crecimiento tuvieron una menor demanda, por lo cual los valores obtenidos en el análisis foliar, se mantuvieron dentro de los rangos de normalidad, excepto los tratamientos T4 y T10. El primero de ellos se puede atribuir a una mayor producción de fruta (Figura 11) y el segundo (T10), aunque recibió una mayor cantidad de agua, presentó un nivel bajo, esto posiblemente atribuido a un lavado de los nutrientes y a una menor absorción por falta de una buena aireación del suelo.

El crecimiento vegetativo primaveral de la temporada 1999-2000 se puede apreciar en las Figura 14. Al parecer, no existe una clara relación entre el agua aplicada y el grado de desarrollo alcanzado. El único tratamiento que resultó claramente significativo manejaba los mismos volúmenes de agua que el testigo para el período. Tratamientos que fluctúan entre le 50% menos y un 50% más, no resultaron significativamente diferentes.

Lo anterior podría ser explicado, ya que al comenzar el período de crecimiento, el contenido de humedad en el suelo fue similar en todos los tratamientos (Figura 15). El crecimiento de los brotes en un primer momento está sustentado por las reservas que posean los árboles, por ello, los tratamientos que presentaban un tenor bajo de contenido de nitrógeno foliar son los que evidencian un crecimiento restringido aunque en la temporada de crecimiento tengan un abastecimiento normal de agua. El tratamiento T4 merece un análisis especial, ya que con sólo un 50% con respecto al testigo, logró un crecimiento similar; esto posiblemente esté relacionado con el nivel de producción que logró (Figura 11), lo anterior podría significar que al no existir una producción importante, los carbohidratos producidos orientarían directamente al crecimiento vegetativo

Cabe señalar que no se evaluó el parámetro de floración, evento que ocurre simultáneamente con el crecimiento vegetativo. Este factor pudo significar un motivo más de variación.

Los datos del contenido de humedad (Figura 15), no presentan la problemática observada en los tratamientos de goteo, lo que se debe a que se eliminó una variable, la relacionada con la distancia del emisor, ya que el bulbo de mojado de un microaspersor es bastante amplio y permite obtener diferencias en profundidad más que en distancia del emisor, como ocurre en riego por goteo.

Los contenidos de humedad del suelo respondieron positivamente a la carga de agua, mostrando que en los tratamientos restrictivos presentan una tendencia decreciente del contenido de humedad, mientras que los tratamientos que consideraban un 100% tendieron a acumular agua. Esta diferencia en el contenido de humedad en el suelo no se ve reflejada con diferencias en los potenciales hídricos foliares (Figura 16), con los cuales no se puede determinar algún tipo de relación; esto podría sugerir la existencia de un ajuste osmótico que permite mantener un potencial foliar independiente, dentro de este rango, de la humedad del suelo.

## 5. CONCLUSIONES

Al cabo de sólo un primer año de evaluación, se puede concluir que los resultados indicarían que:

La aplicación de un 75% de las necesidades diarias durante todo el periodo de riego, en el huerto de microaspersión, permite aumentar la eficiencia del agua, sin alterar el crecimiento vegetativo como tampoco la producción, evaluada en cantidad y calidad.

La aplicación de un 50% de las necesidades durante todo el periodo, mediante riegos diarios, no reduce la producción total, pero sí la distribución de calibres dentro de ésta.

La aplicación de restricciones en ciertos períodos del ciclo del palto no altera la producción ni el tamaño de los árboles, pero presentan una menor eficiencia en el uso del agua en comparación con el tratamiento que considera una restricción a un 75% de lo requerido, en todo el período de riego (septiembre-abril).

## 6. RESUMEN

En palto no existían antecedentes de estudios en Riego Deficitario Controlado (RDC) y se estimó que ésta técnica podría ser una buena opción para conseguir importantes ahorros de agua, determinar los requerimientos de riego de este frutal y, a la vez, limitar el crecimiento vegetativo a favor de los fenómenos relacionados con la reproducción.

El ensayo consistió en dos huertos de palto (*Persea americana* Mill): uno de dos años regado por goteo (HUERTO GOTEIO) y otro de 4 años regado por microaspersión (HUERTO MICROASPERSION), ubicados en la Estación Experimental La Palma, de la Universidad Católica de Valparaíso.

Se midieron parámetros del árbol (crecimiento vegetativo, reproductivo y estatus hídrico) y del suelo (contenido de humedad) a partir del otoño de 1999. También se realizó una evaluación de la cosecha de la temporada 1998-1999 para ambos huertos, los cuales poseían algunos tratamientos de RDC.

Los tratamientos aplicados en esta temporada contemplaron la aplicación de tres láminas de agua (100%, 75% y 50% de los requerimientos) durante toda la temporada, además de restricciones del 75% y 50% para cada período (primavera, verano y otoño).

Los resultados en el HUERTO GOTEIO no fueron significativos en ningún parámetro medido. Esta respuesta fue atribuida al régimen hídrico aplicado al huerto, que resultó en una restricción general de un 40% en los requerimientos y al hecho de ser ésta la primera temporada de producción, y factores como el portainjerto "franco", cobran vital relevancia.

Los resultados del HUERTO MICROASPERSION indican que se puede lograr un ahorro de agua al aplicar sólo el 75% de los requerimientos del cultivo durante todo el período, mediante la técnica de pulso, la cual aumenta la eficiencia del uso del agua, sin afectar el volumen y calidad de la producción. Al aplicar el 50% de los requerimientos durante todo el período, no se logró una disminución del tamaño de los árboles, en comparación al testigo; tampoco se afectó el volumen de producción, pero sí la distribución de calibres. Los árboles produjeron mayor número de fruta, pero más pequeña, lo que económicamente no es rentable.

La aplicación de restricciones hídricas en ciertos períodos no resultó interesante, ya que si bien se logró mantener la producción en todos los casos, ninguno de estos tratamientos logró una eficiencia mayor en el uso de agua que el tratamiento con el 75% de los requerimientos en todo el período.

## 7. LITERATURA CITADA

- ADATO, I. and LEVINSON, B. 1988. Influence of daily intermittent drip irrigation Avocado (cv. Fuerte) fruit yield and trunk growth. J. of Horticultural Sci. 63(4): 675-685.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1991. Influence of reduced rates of water and fertilizer aplicaton using daily intermittent drip irrigation on the water requeriments, root developement and responses of Avocado trees (cv. Fuerte). J. of Horficultural Sci. 66(4): 449-463.
- AMPUERO, J. 1998. Diseno de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) para palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 55p.
- BARRIENTOS, A.; RODRIGUEZ, J.L.; ESPINOZA, J.L. 1993. Respuestas de las plantas de aguacate cv. Hass bajo sequia. Memoria. Mexico, Fundacion Salvador Sanchez Colin, S.C., pp 151-166.
- BLUMENFELD, A. and GAZIT, S. 1974. Development of seeded and seedless Avocado fruit. J. Amer. Soc. Hot. Sci. 99(5): 442-448.
- BOZZOLO, E. 1993. Aproximacion a la determination de los coeficientes de cultivo (Kc) en palto cv. Hass para la zona de Quillota. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 80p.
- CALABRESE, F. 1992. El Aguacate. Madrid, Mundiprensa. 249p.
- CASTEL, J.R. and BUJ, A. 1990. Response of salustiana oranges to hight frecuency defirrigation. Irrigation Sci 11:121-127.
- CHAIKIATTIYOS, BY.; MENZEL, C.M. and RASMUNSEN, T.S. 1994. Floral induction in Tropical Fruft trees: Efects of temperatura and water Supply. J. of Horticultural Sci. 69(3): 397-415.
- CONTADOR, G. 1998. Caracterizacion de estatus hidricos del palto (*Persea americana* MHY), en funcion de la humedad disponible en el suelo, en dos tipos de suelo y dos sistema de riego. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 23p.
- DOMINGO, R; RUIZ-SANCHEZ, M.C; SANCHEZ-BLANCO, M.J.- TORRECILLAS, A 1996. Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. . Irrigation Sci. 16:115-123.

- DOOREMBOS, I.; PRUITT, W. 1986. Las necesidades de agua de los cultivos. 3a ed.. Roma Fao. 190p.
- DUCO, C. 1996. Efecto de tres niveles hídricos aplicados en un huerto de paltos (*Persea americana* Mili.) cv. Hass sobre la incidencia de *Phitophthora cinnamomi*. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía 59p.
- ESTEBAN, P. 1993. Estimación de aceite a través de la humedad y su relación con la palatabilidad en frutos de palto de las variedades: Negra de La Cruz, Bacon, Edranol y Hass, desde la última etapa de desarrollo hasta madurez fisiológica. . Taller de licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 54 p.
- FERREYRA, R. y SELLES, G. 1997. Manejo del riego bajo condiciones de restricción hídrica. Stgo. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina 36p. (Boletín divulgativo N° 67).
- GARDIAZÁBAL, F.; ROSENBERG, M. 1991. Cultivo del palto. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 201 p.
- GIRÓN A, I.; MARSAL, J. 1995. Estrategias de RDC en almendro. In: ZAPATA, M. y SEGURA, P., eds. Riego Deficitario Controlado. Madrid, Mundi-prensa pp 97-118.
- \_\_\_\_\_ 1996. Estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC) para la mejora de la eficiencia en el uso de aplicación del agua de riego. Fruticultura profesional 80: 32-38.
- GONZÁLEZ, J. 1996. Efecto de diferentes pulsaciones de riego en sistema sin sustrato, sustrato compost en el cultivo de tomate bajo invernadero frío. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 88p.
- HERNÁNDEZ, F. 1991. Aproximación al ciclo fonológico del palto cv. Hass, para la zona de Quillota, V reg. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99p.
- HSIAO, T.C. 1990. Fisiología general. In: Curso internacional del manejo del agua en árboles frutales, Chillan 3-6 de enero. Depto. de Ingeniería Agrícola Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales, Universidad de Concepción.
- KURTS, Ch.; GUIL, I. and KLEIN, I. 1992. Water rate effects on three Avocado cultivars. Proceedings of Second World Avocado Congress II. 21-25 April 1992. Orange, California, USA. Pp. 357-364.

- LAHAV, E. and KALMAR, D. 1977. Water requirements of avocado in Israel. Tree and soil parameters. *Aust. J. Agr. Res.* 28: 859-868
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ 1977a. Water requirements of avocado in Israel II. Influence on yield, fruit growth and oil content. *Aust. J. Agr. Res.* 28: 869-877.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ 1983. Determination of the irrigation regimen for an Avocado plantation in spring and autumn. *Aust. J. Agr. Res.* 34: 725-739.
- \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ . and STEINHARDT, R. 1992. Water Requirements and the effect of salinity in an avocado orchard on clay soil. *Proceedings of Second World Avocado Congress 11*. 21-25 April 1991, Orange, California, USA. pp.323- 330.
- LAMPINEL, B.; SHACKEL, K.; SACTHWICK, S. and OLSON, B. 1995. Sensitivity of yield and fruit quality of french prune to water deprivation at different fruit growth stages. *J. Amer. Hort. Sci.* 120(2): 139-147.
- LOVATT, C. 1987. Stress. California Avocado Society Yearbook 71: 251-255.
- \_\_\_\_\_, 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in Avocado. California Avocado Society Yearbook 95:193-199.
- MARTÍNEZ, A. 1981. Proyecto de implementación de un sistema de riego tecnificado en la Estación Experimental "La Palma". Taller de licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 102 p.
- MITCHELL, P.D. and CHALMERS, D.J. 1982. The effect of reduced water deficit supply on peachtree growth. *J. Americ. Soc. Hort. Sci* 107(5): 853-856.
- \_\_\_\_\_ ; JERJE, P.H. and CHALMERS, D.J. 1984. The effect of regulated water deficit on pear tree growth, flowering, fruit growth and yield. *J. Americ. Soc. Hort. Sci.* 109(5) 604-606.
- RODRIGO, J. 1992. Riego Localizado. Madrid, Mundiprensa. 405p.
- RUIZ-SÁNCHEZ, M. y C.; GIRONA, I. 1995. Investigaciones sobre Riego Deficitario Controlado en Melocotonero In: ZAPATA, M. y SEGURA, P. Eds. Riego Deficitario Controlado. Madrid, Mundiprensa. pp 67-95.
- SALGADO, E. 1990. Manejo del riego. Curso Internacional, Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas Universidad Católica de Valparaíso Viña del Mar. 2-3-4, 5 de octubre de 1990. pp. 1-6.
- \_\_\_\_\_ y BOZZOLO, E. 1997. Coeficiente de cultivo (Kc) Para Paltos (*Persea americana* Müll)cv. Hass en Quillota, Chile. *Simiente* 67(1-2): 1-7.

- SÁNCHEZ-BLANCO, M.J.; y TORRECILLAS, A. 1995. Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de Riego Deficitario Controlado en cultivos leñosos. In: ZAPATA, M. y SEGURA, P., eds. Riego Deficitario Controlado. Madrid, Mundiprensa. pp 43-63.
- SCHOLEFIELD, P.B.; WALCOTT, J.J.; KRIEDEMANN, P.E.; RAMADASAN, A 1980. Some environmental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. California Avocado Society Yearbook 64: 93-105.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_, . 1985. Carbohydrate ciding in relation to shoot growth, floral mitation and development and yield in the Avocado. *Scientia horticulturae*25: 99110.
- SEDGLEY, M.; SCHOLEFIELD, P.B. and ALEXANDER, I.D.McE. 1985. Inhibition flowering Mexican and Guatemalan Type Avocados under Tropical conditions. *Scientia horticulturae* 25(1):21-30.
- SHROEDER, C. A. and WIELAND, P.A. 1956. Diurnal fluctation in size m valous parís of the Avocado Tree and fruft. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*. 68: 253-258.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1991. *Plant Phisiology*. Redwood city, California. Benjamín Cummings. 559p.
- TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto cv. Hass, para la zona de Quillota, V reg. Taller de licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 141 p.
- TELLO, C. 1991. Efecto de volúmenes diferenciados de riego en el desarrollo vegetativo, producción y calidad de frutos de palto cv. Hass. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 46p.
- WHILEY, A.W.; PEGG, K.G.; SARANAH, J.B. and FOSBERG, L. 1986. The control of Phytophthora root rot of avocado with fungicides and the effect of this disease on water relations, yield and ring neck. *Aust. J. Expr. Agrie*. 26:249-253.
- \_\_\_\_\_; CHAPMAN, K.R. and SARANAH, J.B. 1988. Water lost by floral Structures of Avocado (*Persea americana* cv. Fuerte) during Fiowering. *Aust. J. Agnc. Res*. 39: 457-467.
- \_\_\_\_\_. 1990. Interpretación de la fenología y fisiología del Palto para obtener mayores producciones. Curso Internacional, Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas. Universidad Católica de Valparaíso, Viña del Mar. 2-3-4, 5 de octubre de 1990. pp, el-e25.

WOLSTENHOLME, B.N. 1987. Theoretical and applied aspects of Avocado yield is affected by energy budgets and carbón partioning. S. Afr. Avocado Growers Assoc. Yrb. 10:58-61.

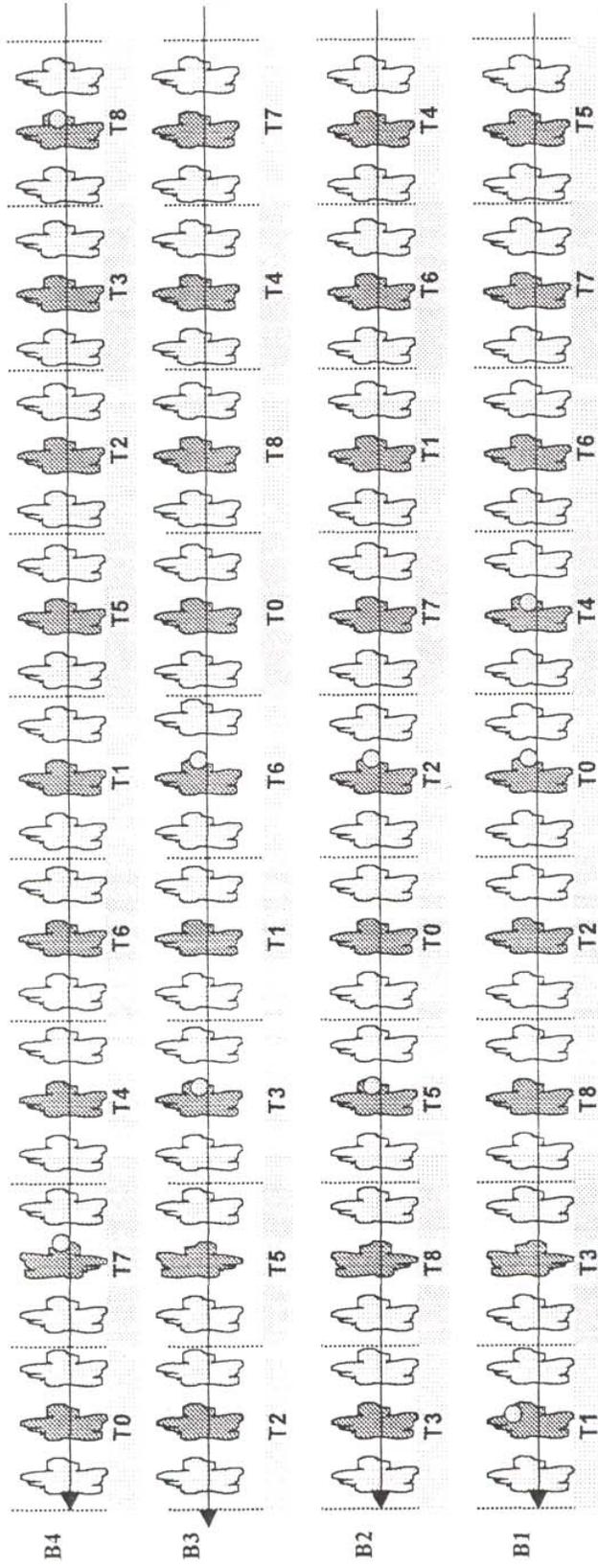
\_\_\_\_\_ ; WHILEY, A.W. and SARANAH, J.B. 1990. Manipulating vegetative: Reproductivo growth in Avocado (*Persea americana* Mill) with paclobutrazol foliar sprais. Scientia Horticulturae. 41.- 815-827.

ZUR, B. AND SALVADI, D. 1976. Infiltración under pulsed water aplication III: The nature of the flow sistem. Soil Science 124 (3): 127-134.

## ANEXOS

ANEXO I

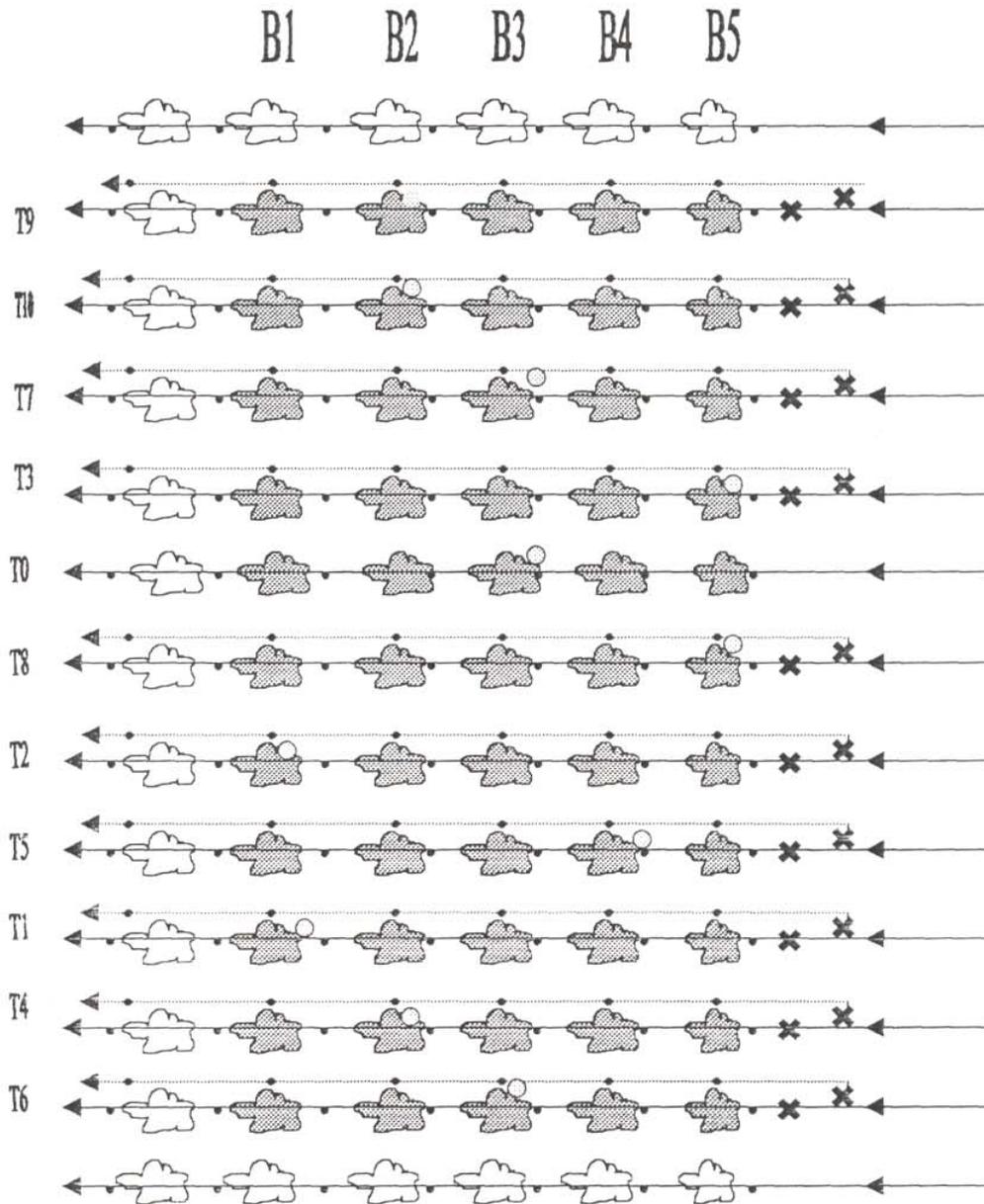
Distribución huerto goteo.



Simbología

-  Arboles en tratamiento
-  Arboles en que se realizaron las mediciones
-  Tubo de acceso Sonda Capacitancia
-  Lateral de riego

Distribución huerto microaspersión.



Simbología			
	Paltos sin tratamiento		Válvula de paso
	Palto en tratamiento y medido		Tubo de acceso sonda capacitancia
	Lateral y emisor originales		
	Lateral y emisor anexados		

### ANEXO 3

Kp utilizados en el ensayo

Mes	Kp (Kb*Kc)
Enero	0.6
Febrero	0.6
Marzo	0.6
Abril	0.5
Mayo	0.5
Junio	0.4
Julio	0.4
Agosto	0.4
Septiembre	0.5
Octubre	0.5
Noviembre	0.6
Diciembre	0.6

Fuente: Estación Experimental La Palma.

ANEXO 4

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	1999											
					mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
0	Diseño de estrategias de Riego Deficitario Controlado (RDC) en Falto	177 días	01-09-99	04-05-00	[Gantt chart for task 0: Design of deficit irrigation strategies]											
1	1 Instalación de ensayos de campo para determinación de estrategias de RDC	12 días	01-09-99	16-09-99	[Gantt chart for task 1: Field trial installation]											
2	1.1 Instalación de tratamientos de RDC	5 días	01-09-99	07-09-99	[Gantt chart for task 2.1: RDC treatment installation]											
3	1.2 Instalación de tubos para mediciones de humedad con Sonda de Capacitanc	5 días	08-09-99	14-09-99	[Gantt chart for task 2.2: Humidity measurement tube installation]											
4	1.3 Puesta en marcha de los tratamientos de riego	1 día	15-09-99	15-09-99	[Gantt chart for task 2.3: Start of irrigation treatments]											
5	1.4 Tratamientos de riego instalados	1 día	16-09-99	16-09-99	[Gantt chart for task 2.4: Irrigation treatments installed]											
6	2 Implementación de los tratamientos	177 días	01-09-99	04-05-00	[Gantt chart for task 2: Implementation of treatments]											
7	2.1 Puesta en marcha de todos los tratamientos (ver metodología)	5 días	01-09-99	07-09-99	[Gantt chart for task 2.1: Start of all treatments]											
8	2.2 Cambios de líneas en los tratamientos	44 días	03-01-00	02-03-00	[Gantt chart for task 2.2: Line changes in treatments]											
9	2.2.1 Cambio en T5 desde 100% a 75%	2 días	03-01-00	04-01-00	[Gantt chart for task 2.2.1: Change in T5]											
10	2.2.2 Cambio de T6 desde 100% a 50%	2 días	03-01-00	04-01-00	[Gantt chart for task 2.2.2: Change in T6]											
11	2.2.3 Cambio en T3 desde 75% a 100%	2 días	01-02-00	02-02-00	[Gantt chart for task 2.2.3: Change in T3]											
12	2.2.4 Cambio en T4 desde 50% a 100%	2 días	01-02-00	02-02-00	[Gantt chart for task 2.2.4: Change in T4]											
13	2.2.5 Cambio en T7 desde 100% a 75%	2 días	01-02-00	02-02-00	[Gantt chart for task 2.2.5: Change in T7]											
14	2.2.6 Cambio en T8 desde 100% a 50%	2 días	01-02-00	02-02-00	[Gantt chart for task 2.2.6: Change in T8]											
15	2.2.7 Cambio en T5 desde 75% a 100%	2 días	01-03-00	02-03-00	[Gantt chart for task 2.2.7: Change in T5]											
16	2.2.8 Cambio en T6 desde 50% a 100%	2 días	01-03-00	02-03-00	[Gantt chart for task 2.2.8: Change in T6]											
17	2.3 Finalización de los tratamientos (reinstalación de 100% en cada uno de ellos	5 días	28-04-00	04-05-00	[Gantt chart for task 2.3: Finalization of treatments]											
18	2.4 Tratamientos de riego finalizados	0 días	04-05-00	04-05-00	[Gantt chart for task 2.4: Irrigation treatments finished]											
19	3 Mediciones de los tratamientos	177 días	01-09-99	04-05-00	[Gantt chart for task 3: Measurements of treatments]											
20	3.1 Parámetros del suelo	177 días	01-09-99	04-05-00	[Gantt chart for task 3.1: Soil parameters]											
21	3.1.1 Medición salinidad	177 días	01-09-99	04-05-00	[Gantt chart for task 3.1.1: Salinity measurement]											
22	3.1.1.1 Medición inicial de salinidad en todos los tratamientos	5 días	01-09-99	07-09-99	[Gantt chart for task 3.1.1.1: Initial salinity measurement]											
23	3.1.1.2 Medición de salinidad en T5 y T6	2 días	03-01-00	04-01-00	[Gantt chart for task 3.1.1.2: Salinity measurement in T5 and T6]											
24	3.1.1.3 Medición de salinidad en T3, T4, T7 y T8.	2 días	01-02-00	02-02-00	[Gantt chart for task 3.1.1.3: Salinity measurement in T3, T4, T7 and T8]											
25	3.1.1.4 Medición de salinidad en T5 y T6	2 días	01-03-00	02-03-00	[Gantt chart for task 3.1.1.4: Salinity measurement in T5 and T6]											
26	3.1.1.5 Medición final de salinidad en todos los tratamientos	5 días	28-04-00	04-05-00	[Gantt chart for task 3.1.1.5: Final salinity measurement]											
27	3.1.2 Medición humedad	156 días	01-09-99	05-04-00	[Gantt chart for task 3.1.2: Humidity measurement]											
28	3.2 Parámetros del árbol	177 días	01-09-99	04-05-00	[Gantt chart for task 3.2: Tree parameters]											
29	3.2.1 Medición brotes	89 días	03-01-00	04-05-00	[Gantt chart for task 3.2.1: Bud measurement]											
30	3.2.1.1 Medición brotes de primavera	89 días	03-01-00	04-05-00	[Gantt chart for task 3.2.1.1: Spring bud measurement]											
31	3.2.1.1.1 Marcaje y primera medición brotes primavera en todos los	5 días	03-01-00	07-01-00	[Gantt chart for task 3.2.1.1.1: Marking and first bud measurement]											

ANEXO 4

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	1999															
					mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
32	3.2.1.1.2 Segunda medición brotes en todos los tratamientos	5 días	01-02-00	07-02-00																
33	3.2.1.1.3 Marcaje y primera medición brotes ctoño en todos los trat	5 días	01-03-00	07-03-00																
34	3.2.1.1.4 Segunda medición brotes de ctoño en todos los tratamien	5 días	28-04-00	04-05-00																
35	3.2.2 Analisis foliar	2 sema	15-03-00	28-03-00																
36	3.2.3 Medición potencial hídrico de las hojas	156 días	01-09-99	05-04-00																
45	3.2.4 Estimación 1 canopia	5 días	01-09-99	07-09-99																
46	3.2.5 Estimación 2 canopia	5 días	28-04-00	04-05-00																
47	3.2.6 Medición del crecimiento de frutos	177 días	01-09-99	04-05-00																
48	3.2.6.1 Medición inicial frutos en todos los tratamientos	5 días	01-09-99	07-09-99																
49	3.2.6.2 Medición de frutos en T5 y T6	2 días	03-01-00	04-01-00																
50	3.2.6.3 Medición de frutos en T3, T4, T7 y T8.	2 días	01-02-00	02-02-00																
51	3.2.6.4 Medición de frutos en T5 y T6	2 días	01-03-00	02-03-00																
52	3.2.6.5 Medición final de frutos en todos los tratamientos	5 días	28-04-00	04-05-00																
53	3.2.7 Medición de producción, porcentaje de aceite y peso seco de la fruta	20 días	13-09-99	08-10-99																
54	4 Evaluación de resultados	30 días	14-02-00	24-03-00																
55	5 Presentación de resultados	0 días	24-03-00	24-03-00																

24-03

