

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA FRUTICULTURA

TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE TRES NIVELES HIDRICOS APLICADOS EN UN  
HUERTO DE PALTOS (*Persea americana* Mill) cv. HASS SOBRE LA  
INCIDENCIA DE *Phytophthora cinnamomi*.**

**ANA CAROLINA DUCO IBAÑEZ**

QUILLOTA CHILE

1996

## ÍNDICE DE MATERIA

1. INTRODUCCIÓN.
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
  - 2.1. Antecedentes Generales
  - 2.2. Fenología
  - 2.3. Fisiología y anatomía del sistema radical
  - 2.4. Requerimientos hídricos del palto
  - 2.5. Pudrición Radical causada por *Phytophthora cinnamomi*
    - 2.5.1. Factores predisponentes
    - 2.5.2. Estrategias de control de P. cinnamomi
3. MATERIAL Y MÉTODO
  - 3.1. Ubicación
  - 3.2. Definición del área del proyecto.
    - 3.2.1. Clima
    - 3.2.2. Suelo
    - 3.2.3. Agua
  - 3.3. Material Vegetal
    - 3.3.1. Mediciones de parámetros
      - 3.3.1.1. Canopia
      - 3.3.1.2. Estado radical
    - 3.3.2. Temperatura del suelo
  - 3.4. Tratamientos
  - 3.5. Diseño Estadístico
4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS
  - 4.1. Registros climatológicos
  - 4.2. Volúmenes de agua aportados
  - 4.3. Influencia de tres volúmenes de riego sobre tres grados de la enfermedad Pudrición de raíces causada por *Phytophthora cinnamomi*
    - 4.3.1. Longitud de brotes
    - 4.3.2. Número de hojas
    - 4.3.3. Longitud de hojas
    - 4.3.4. Evaluación superficial de las raíces
5. CONCLUSIONES
6. RESUMEN
7. LITERATURA CITADA

## 1. INTRODUCCIÓN

En huertos de paltos (*Persea americana* Mill.), el manejo del riego es de especial relevancia debido al escaso conocimiento de los requerimientos hídricos de la especie como también, a la alta sensibilidad a las condiciones de estrés que presenta, en particular referente a los tiempos, frecuencias y volúmenes de agua aplicados, en sus diferentes etapas de desarrollo fenológico (PECK, 1985; WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988; CALABRESE, 1992).

ZENTMYER (1980), WHILEY y PEGG (1990) y COFFEY (1991) concuerdan en señalar que, las condiciones de saturación de agua en el suelo favorecen el desarrollo de la principal enfermedad que afecta la producción de esta especie a nivel mundial, denominada "Tristeza del Palto", causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*.

En Chile, el 100% de los huertos se encuentra afectado en algún MAGHDAL, 1995)\*. Sin embargo, su grado de incidencia no está bien establecido, debido a que en muchas zonas productoras se han adoptado técnicas de manejo, como el riego

---

\* MAGHDAL, C. Ing. Agr. 1995. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

presurizado, que han mejorado notoriamente las condiciones de cultivo (GARDIAZÁBAL, 1995)\*.

Las estrategias de control de la enfermedad en los últimos años se han desarrollado sobre la base de programas integrados y no en virtud de manejos agronómicos aislados (RAHIMIAN y CÁSALE, 1992). Los manejos preventivos de la enfermedad, tales como uso de material de propagación con garantías fitosanitarias, selección y plantación de suelos con buen drenaje, programas de nutrición vegetal y riego adecuadamente controlados constituyen importantes factores en el control de la enfermedad (BEKEY, 1987; HENDER, CASALY Y RAHIMIAN, 1992). En relación al factor riego, se puede lograr un mayor control de éste mediante el uso de tensiómetros, riego presurizado, manejo adecuado de suelo, control de malezas y relieve (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1991).

Sin embargo, no hay antecedentes reportados sobre el efecto del volumen de riego en huertos con diferente grado de ataque de *Phytophthora cinnamomi*. Frente a ello, este trabajo plantea como hipótesis que, al aplicar un volumen mínimo de agua sobre los árboles afectados por dicha enfermedad, que garantice la producción pero desfavorable para el desarrollo del hongo, se encontrará un efecto recuperatorio de éstos. De acuerdo a los antecedentes

---

\* GARDIAZABAL, F. Ing.Agr. 1995. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

expuestos, se realizó el presente estudio con los siguientes objetivos :

- 1.- Evaluar el efecto de tres niveles de riego (presurizado), con emisores tipo microaspersor, sobre el estado sanitario de paltos afectados en diversos grados por *Phytophthora cinnamomi*.
- 2.- Determinar un volumen óptimo de agua que produzca un efecto recuperatorio sobre árboles afectados con diferentes grados de la enfermedad.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes generales:

DURAND y DU PLESSIS (1990) y GUSTAFSON (1976) señalan que el palto es una especie muy exigente y sensible en el manejo del riego, por cuanto requiere de suelos con una buena capacidad de retención de agua que permitan mantener una humedad permanente en ellos. Esta especie no resiste condiciones de sequía, como tampoco excesos de humedad, ya que ambas situaciones afectan su productividad y restringen su actividad radical. En particular, condiciones de humedad a nivel de saturación de suelo favorecen el desarrollo de enfermedades radicales. En muchos aspectos el control del riego, tanto en tiempo como en el momento adecuado, determina el éxito de la productividad de los huertos de esta especie.

Al respecto, SALGADO (1990) señala la importancia de determinar los requerimientos hídricos del palto en virtud de responder cuándo y cuánto regar, lo que sería dependiente de las condiciones climáticas de la zona (temperatura, vientos, humedad relativa, superficies evaporantes, presión y radiación), del tipo de suelo, presencia de malezas, etc. y de las características particulares de cada planta (edad, tamaño, niveles de producción, distribución y estructura de las raíces, condición fitosanitaria, etc.).

Por otra parte, WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, (1988) establecen que esta especie obedece a un comportamiento estacional cíclico de crecimiento (radical, aéreo y reproductivo). Mediante la interacción de estos estadios fenológicos y su reconocimiento, es posible determinar los diferentes requerimientos y manejos del cultivo.

## 2.2. Fenología:

La descripción de los ciclos típicos de crecimiento que muestran los árboles anualmente permite reconocer las interacciones competitivas entre los componentes vegetativo, radical y reproductivo. Ello ocurre producto de un fuerte estímulo ambiental que sincroniza el crecimiento y la floración, pero no existe un período fisiológico de inactividad, dado que es una especie persistente (VERHEIJ, 1986). Al respecto, WHILEY et al. (1986) han descrito el comportamiento de los ciclos típicos de crecimiento anual de los órganos vegetativos y reproductivo del palto. Con relación al primero de ellos, éstos presentan dos "flushes" de crecimiento durante un ciclo fenológico anual, seguido por un período de intensificación de crecimiento de la raíz. El primer "flush" de crecimiento vegetativo comienza en la primavera, hacia el final de la floración, mientras que el segundo ocurre en los meses de verano (Figura 1).

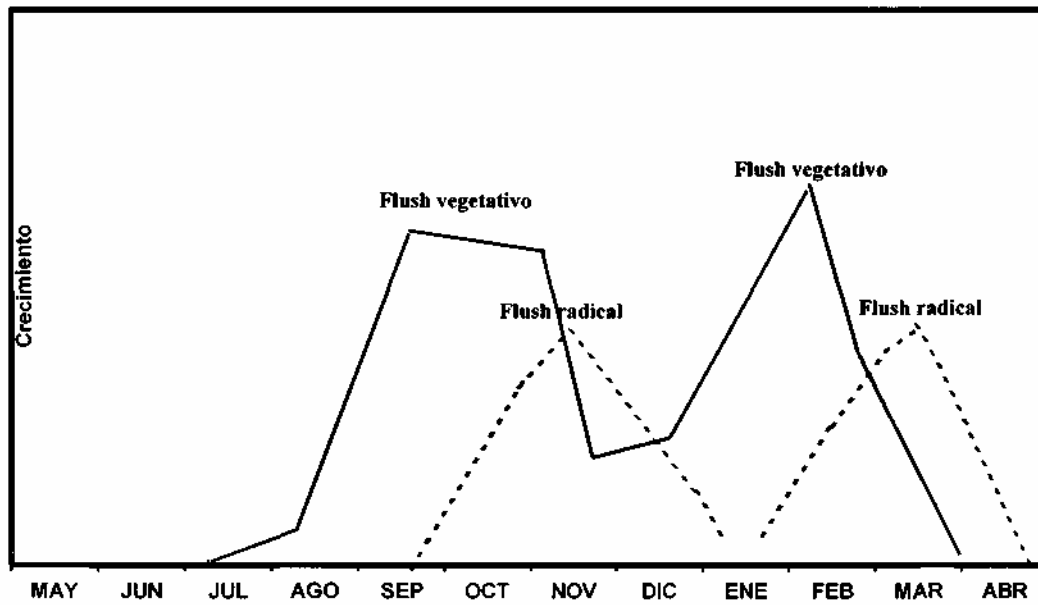


FIGURA 1.- Ciclos de crecimiento vegetativo y radical en árboles adultos de palto cv. Fuerte en Palmwoods, Queensland (latitud 27°S) (WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988).

HERNÁNDEZ (1991) y TAPIA (1993), en una aproximación al ciclo fonológico del palto cv. Hass en huertos de Quillota (V Región, Chile), determinaron al igual que WHILEY et.al., (1986) que el desarrollo vegetativo presenta dos períodos de crecimiento. El primero se presentó en primavera y de mayor intensidad que el segundo, el cual se presentó en verano-otoño (Figura 2).

### 2.3. Fisiología y anatomía del sistema radical:

La estructura de raíces del palto es superficial en cuanto a su distribución, extensamente suberizadas y relativamente ineficientes en el proceso de absorción de agua (baja conductividad hidráulica (WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988; KRIEDEMANN, 1986; SALGADO y TORO, 1995) .

DURAND y DU PLESSIS (1990) y WHILEY et al., (1987), señalan que el sistema radical en paltos posee una baja densidad de pelos radicales, por ello, los paltos han sido descritos como extremadamente sensibles a las condiciones de sequía y a la falta de oxígeno en situaciones de saturación de suelos por exceso de humedad. Los pelos radicales son poco visibles, por la que la absorción aparentemente se realiza a través de los tejidos de los extremos de muchas ramificaciones secundarias, las que son de color blanco cuando están activas (CHANDLER, 1962; WOLSTENHOLME, 1990).

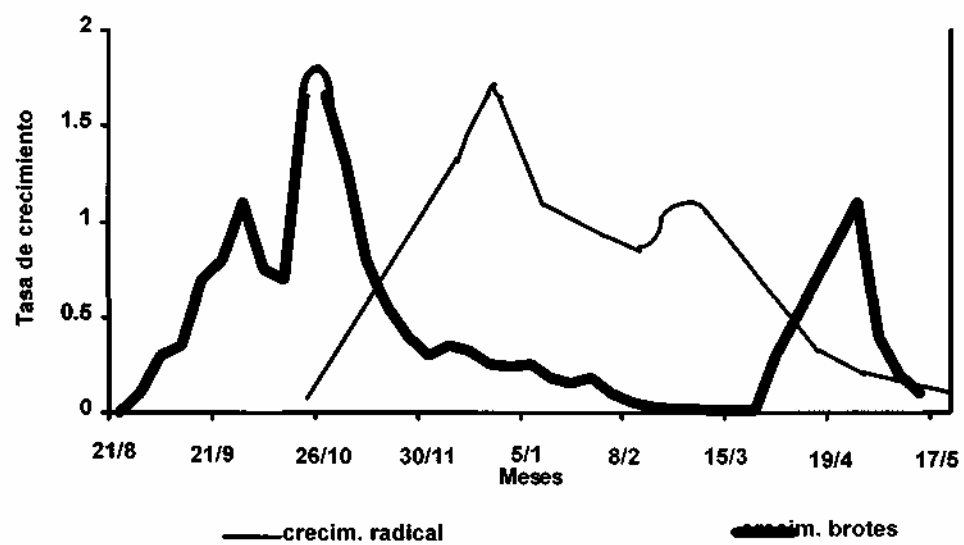


FIGURA 2.- Ciclos de crecimiento vegetativo y radical en árboles adultos de palto cv. Hass en Quillota, V región (latitud 32'50" S) (TAPIA, 1993).

Al respecto, WHILEY et.al., (1987) señalan que las raíces no suberizadas del palto, especialmente las ubicadas superficialmente, son vulnerables al hongo *Phytophthora cinnamomi*, el cual impacta rápidamente la dinámica de crecimiento del árbol.

Respecto de la distribución de la masa radical a través del perfil del suelo, TAPIA (1993) y SALGADO y TORO (1995) señalan que en paltos cv. Hass la distribución de las raíces es superficial, ya que éstas se ubican en un 80 % en los primeros 40 centímetros del suelo, el restante 20 %, entre los 40 y 60 centímetros de profundidad. Las raíces de menor diámetro predominan por sobre las raíces más gruesas. En tal sentido, DU PLESSIS (1991) sugiere que la zona de riego que se debería considerar para maximizar su eficiencia y evitar pérdidas por percolación, alcanza a los primeros 60 centímetros de profundidad, aunque lo adecuado para cada huerto, sería determinar la profundidad efectiva de las raíces.

VILLABLANCA (1994) indica, referente a la distribución de raíces en huertos de paltos regados por microaspersión en la zona de Quillota (V Región, Chile), que la mayor densidad de raicillas está localizada en la estrata que va de los 20 a 40 centímetros de profundidad y a una distancia de 50 cm desde el tronco, con los microaspersores ubicados a una distancia promedio de 3 m desde el tronco. El autor señala que la densidad de raicillas decrece en la

medida que nos acercamos al microaspersor y concluye indicando que, para este sistema de riego, las raíces absorbentes se encuentran principalmente en la zona de la entrehilera, a una distancia de 3,66 m desde el tronco y con una mayor densidad en la estrata que va desde los 30 a los 60 centímetros.

SALGADO y TORO (1995) señalan que existe un efecto del método de riego y del tipo de suelo en la distribución espacial del sistema radical del palto. Además, estos autores señalan que, para el caso del riego por microaspersión, la cantidad de raíces se ve favorecida en un suelo liviano, concentrándose entre los 25 y 50 cm de profundidad, y para el riego por goteo determinaron que un suelo pesado permite el desarrollo de raíces a mayor profundidad que igual condición con microaspersión.

#### 2.4. Requerimientos hídricos del palto:

Las necesidades de agua de un huerto de paltos, como de cualquier otro frutal, dependen del tamaño de los árboles, edad de las plantas, clima y de la época del año (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1991). La cantidad de agua que necesitan los paltos es menor durante el período invernal de semiactividad, cuando las funciones de crecimiento son mínimas. Sin embargo, en los cultivares de maduración más tardía como Hass, aún hay crecimiento de la fruta.

por lo que existe cierta demanda hídrica por parte del árbol que obliga a no descuidar el riego (WHILEY, 1990; WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988) .

Con respecto al estadio fonológico de los árboles, GUSTAFSON et.al., (1979); WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, (1988) y GARDIAZÁBAL y ROSENBERG (1991) recomiendan regar de acuerdo con la necesidades del árbol y no siguiendo un calendario fijo. Por ello, resulta vital conocer el patrón cíclico de crecimiento de esta especie a fin de determinar sus requerimientos hídricos (Figura 3).

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

A menudo se aplican resultados de fórmulas de evapotranspiración en condiciones climáticas y agronómicas muy distintas de aquellas para las que fueron inicialmente concebidas. Si a esto se agrega un desconocimiento de las características del suelo o el mal funcionamiento del equipo de riego, se deriva en la aplicación de

volúmenes indeseables de agua, que pueden provocar un déficit o exceso de humedad (TELLO, 1991) .

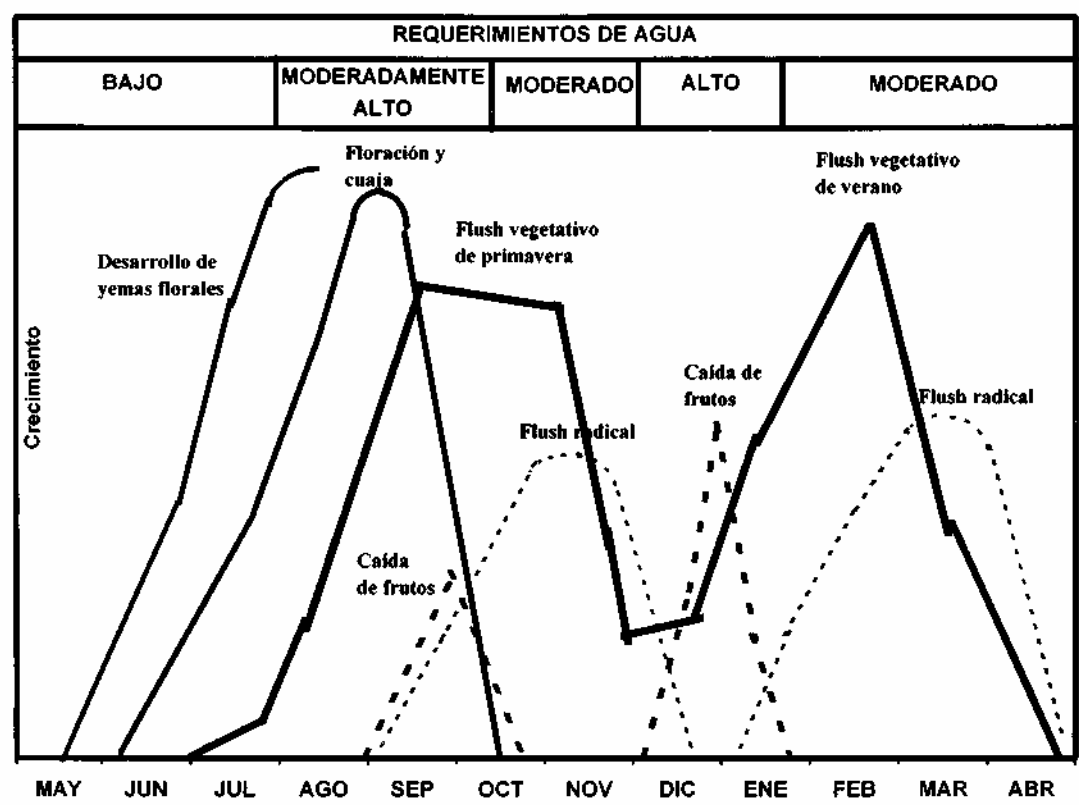


FIGURA 3. Requerimientos según los ciclos de crecimiento. Períodos de baja, moderada y alta demanda de agua por el árbol, para los diferentes procesos que están identificados.

Para determinar los requerimientos hídricos se han utilizado instrumentos como tensiómetros y bandejas evaporimétricas. La frecuencia entre cada riego estará determinada por la capacidad que tenga el suelo de almacenar agua. Para determinar la frecuencia de los riegos usando tensiómetros se requiere de una curva característica de humedad, la cual debe construirse para cada suelo. Con esta información se pueden estimar los volúmenes de agua para llegar a capacidad de campo en la zona de crecimiento radical (DUPLESSIS, 1991).

Investigaciones hechas en Israel indican que el rango en los volúmenes de agua aplicados, bajo las condiciones de salinidad locales, varían entre 5.380 y 7.440 m<sup>3</sup>/ha/año, no encontrándose diferencias significativas en los rendimientos y calidad de la fruta (LAHAV y KALMAR, 1983, KALMAR y LAHAV, 1977).

De igual forma, KURTZ, GUIL y KLEIN (1991) encontraron en Israel que los volúmenes requeridos por paltos cv. Hass son inferiores a los de otros cultivares. Además, no encontraron diferencias significativas en los rendimientos y la calidad de la fruta regando durante el período libre de lluvias con volúmenes de 4.250 a 7.000 m<sup>3</sup>/ha/año, teniendo en dicho período niveles de evaporación de 1.300 milímetros.

En California, GUSTAFSON et.al. (1979) encontraron que árboles de 6 años requerían  $8.280 \text{ m}^3/\text{ha}$  de agua por temporada, que sumada a una pluviometría invernal de  $2.700 \text{ m}^3/\text{ha}$ , hacen un total de  $10.980 \text{ m}^3/\text{hectárea}$ .

CALABRESE (1992) señala que en Egipto, el volumen de riego necesario sería de  $12.000 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ , pues prácticamente en esa zona no hay un régimen de lluvias aprovechables. Sin embargo, en Sicilia, los requerimientos serían de  $4.000$  a  $5.000 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ , dado que el nivel de humedad de los suelos es mayor a causa de las precipitaciones que ocurren entre los meses de octubre a mayo.

Según GARDIAZÁBAL Y ROSENBERG (1991), en zonas donde la pluviometría inedia anual es de  $600 \text{ mm}$ , tales como Peumo (VI Región, Chile), el palto necesitará por ha entre  $4000$  y  $5000 \text{ m}$  si el terreno está libre de malezas, y de  $5000$  a  $6000 \text{ m}$  en caso que exista una cobertura vegetal.

Es así como la falta de homogeneidad en la información existente ha hecho que las prácticas de riego no siempre correspondan a las reales necesidades hídricas de los huertos de paltos, contribuyendo en forma muy importante al desarrollo y dispersión de enfermedades tales como pudrición de las raíces (COFFEY, 1987; WHILEY y PEGG, 1990).

## 2.5. Pudrición radical causada por *Phytophthora cinnamomi*:

La principal enfermedad que afecta al palto, tanto en Chile como en otras áreas del mundo, se denomina "Tristeza del palto" y es causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*, y permanece como la mayor amenaza en la producción de paltas en muchas zonas del mundo. El conocimiento de las interacciones entre árbol, patógeno y medio, llevan a un programa de manejo más efectivo, usando como herramienta el ciclo de crecimiento (WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988).

Los primeros síntomas que presenta un árbol enfermo es la pérdida del brillo de las hojas y el marchitamiento parcial al medio día, aún cuando los niveles de agua en el suelo sean los adecuados (WHILEY et.al. 1986). Síntomas mas avanzados son la necrosis de raíces, fuerte caída de hojas, muerte de ramas pequeñas, hojas tornándose de color verde pálido a amarillo y más pequeñas, flashes débiles de crecimiento, quemado de hojas por cloruro. Síntomas de infección severa son la aparición de canchales en las ramas más bajas, pérdida total de hojas, y finalmente la muerte del árbol (WHILEY et.al., 1986; GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1991).

Árboles con estado avanzado de la enfermedad presentan una abundante floración y cuaja, y por ello, frutos de bajo calibre (ZENTMYER, 1980; COFFEY, 1991), probablemente debido a la acumulación de

carbohidratos en la parte superior del árbol, siendo un efecto atribuido a la muerte de raíces (ZENTMYER, 1980) . Al respecto, (BESOAIN, 1990) señala que las raíces no actúan como "sink" de absorción de nutrientes, por lo que éstos quedarían en la parte aérea del árbol provocando un aumento de la producción al primer año (inicio), de la infección con el hongo. Posteriormente, desde el segundo año los síntomas propios de la enfermedad en la parte aérea se muestran progresivamente, aumentando la severidad en forma sostenida.

Los síntomas aéreos son producto de la infección a nivel de raicillas absorbentes (1-3 mm de diámetro) (ZENTMYER, 1980; COFFEY, 1991). Dicha infección estaría determinada por una atracción positiva del tubo germinativo de las zoosporas móviles producto de la liberación de ciertos exudados radicales a nivel de la zona de elongación, correspondientes a aminoácidos (ZENTMYER, 1966).

STERNE, KAUFMANN Y ZENTMYER (1977) indican que los síntomas de pudrición de raíces en paltos causados por *Phytophthora cinnamomi* son similares a los de déficit hídrico: marchitez, decoloración foliar, decaimiento general y reducción del crecimiento reproductivo.

### 2.5.1. Factores predisponentes

Factores ambientales como temperatura, humedad, pH, aireación, luz, y nutricionales juegan un importante papel en el crecimiento y desarrollo de *Phytophthora cinnamomi*. Uno de los mas importantes en relación al desarrollo y esporulación y proceso de infección es la humedad del suelo, dado que *Phytophthora cinnamomi* forma esporangios sólo en medios líquidos, a diferencia de otras especies de *Phytophthora* (*infestans*, *palmívora*, *cactorum*, etc.), debido a que es un patógeno de las zonas radicales. El medio líquido es esencial para la liberación de zoosporas desde el esporangio y para la subsecuente dispersión a través del suelo (ZENTMYER, 1980).

Diversos autores concuerdan que la condición de exceso de humedad en el suelo favorece el desarrollo del hongo *Phytophthora cinnamomi*. Al respecto, STERNE, KAUFMANN y ZENTMYER (1977) indican que condiciones de alta humedad, -10 cb o mayores, incrementarán la incidencia de pudrición de raíces en paltos. En relación a lo anterior, el manejo de la humedad del suelo a través de un programa efectivo de riego corresponde a una alternativa de control de la enfermedad en suelos afectados (LATORRE, 1988; WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988; DU PLESSIS, 1991).

Esta condición se puede presentar por una mala práctica de riego, por presencia de niveles freáticos altos, o bien por el uso de suelos de textura pesada con drenaje deficiente donde el daño es más severo (GARDIAZÁBAL Y ROSENBERG, 1991; BEKEY, 1987; COFFEY, 1991). Al respecto, DU PLESSIS (1991) señala que en suelos pesados siempre existe el peligro de sobresaturar las primeras estratas cuyas condiciones físicas y químicas empeoran con el tiempo, afectando la zona donde se encuentra el mayor número de raíces. Esto reduce el suministro de oxígeno e incrementa la susceptibilidad a ataques de *Phytophthora cinnamomi*. Para reducir la severidad de pudrición de raíces habría que mejorar el drenaje interno y superficial, ya sea rompiendo compactaciones o eliminando napas freáticas por sobre los 80 cm de profundidad (MAAS Y KOTZ, 1990).

Por otra parte, COFFEY (1991) señala que un déficit hídrico reduce el vigor radical, y con ello decrece su resistencia fisiológica al ataque de *Phytophthora cinnamomi*. El autor señala que ambos, tanto el exceso de humedad como el déficit hídrico, pueden acelerar los síntomas de *Phytophthora cinnamomi*.

Otros factores importantes son las heridas o lesiones en el tronco o raíces, ya sea por el uso de maquinaria u otras herramientas, pues a pesar que *Phytophthora* es capaz de penetrar directamente, su acción

se ve facilitada con tales prácticas, aumentando el riesgo de la infección (GEORGI, 1993) .

La interacción entre la humedad del suelo, temperatura de éste y la aireación ejercen una gran influencia sobre la patogenicidad de *Phytophthora cinnamomi*. La humedad del suelo es el primer factor influenciando el desarrollo de este patógeno y también temperaturas del suelo del orden de 15°C hasta 30°C (rango donde crece activamente), las que favorecen la infección y su desarrollo, siendo el rango de temperatura óptima entre 21°C y 24 °C (CURTÍS Y ZENTMYER, 1949; ZENTMYER, 1980; COFFEY, 1991).

En invierno, las bajas temperaturas del suelo reducen la actividad de este hongo (GARDIAZÁBAL Y ROSENBERG, 1991; WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988). El mayor daño es causado en los meses de verano, donde se dan las mejores condiciones para el desarrollo del patógeno, con una gran abundancia de raíces finas absorbentes, susceptibles a la infección por el hongo. En relación al pH, se favorece con suelos neutros a ácidos. Cuando éste fluctúa entre 5,5 y 6,0 es ideal para la infección y desarrollo del hongo (ZENTMYER, 1980) .

Tradicionalmente se ha recomendado que largos intervalos entre cada riego sería una forma de controlar esta enfermedad, práctica lógica

para este patógeno que es favorecido por condiciones de humedad en el suelo. Un régimen de riego que proporcione condiciones de humedad adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las raíces y el uso de protainjertos clórales sería un eficiente manejo para controlar *Phytophthora cinnamomi* (COFFEY, 1987).

La reducción en el intervalo de riego, aplicando igual volumen de agua, mantiene una condición de saturación en el suelo que favorece la producción de zoosporas, seguido por su liberación, lo que se traduce en un aumento del inóculo (LUTZ, MENGE Y HENDER, 1988).

Lo anterior indica la necesidad de determinar los volúmenes de riego y frecuencias para evitar las condiciones antes descritas en un huerto de paltos. Es sabido que la frecuencia de los riegos se determina por el nivel de agotamiento del agua en la zona de mayor actividad radical. Estos niveles pueden variar dependiendo de la capacidad de retención de humedad del suelo, el sistema de riego usado (por surcos, goteo o microaspersión), presencia de coberturas y distribución en profundidad de las raíces. Se ha establecido que, independiente del sistema de riego usado, el límite de agotamiento hídrico durante el período crítico será de un 30 a un 60% del agua aprovechable. Estos límites corresponden a potenciales mátricos de entre -25 a -50 cb en suelos de texturas finas y -30 a -40 cb en los de texturas gruesas. Regando con estos niveles se obtienen

producciones y calidad de fruta razonables y hay una reducción importante en la severidad de los ataques de *Phytophthora* (DUPLESSIS, 1991; WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988).

#### 2.5.2. Estrategias de control de *Phytophthora cinnamomi*

Para hablar de un adecuado control de *Phytophthora*, se debe comprender las interacciones entre el árbol, el patógeno y el medioambiente, buscando desarrollar un más efectivo programa de manejo basado en el ciclo de crecimiento del árbol y del hongo. Las estrategias de control deben aplicarse particularmente durante el verano, donde la presión de la enfermedad es mayor debido a factores ecológicos que favorecen el desarrollo del hongo (WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988). La Figura 4 muestra las fechas de control de *Phytophthora* según el ciclo de crecimiento del árbol.

Las estrategias de control de la enfermedad, en los últimos años, se han basado en programas integrados y no en virtud de manejos agronómicos aislados. Se recomiendan varias técnicas para disminuir la severidad de la pudrición de raíces causada por *Phytophthora* en las plantaciones. Éstas, aplicadas en forma individual, el efecto que tienen es reducido, pero usándolas en conjunto, tienen un impacto significativo en la detención del desarrollo del patógeno (WHILEY, 1990).

La tendencia actual de los programas integrados guarda relación con el uso restringido de pesticidas químicos (fungicidas) (TELIZ et.al., 1992; COFFEY y GEES, 1992; RAHIMIAN y CÁSALE, 1992), la utilización de métodos biológicos y culturales, utilización de patrones resistentes, etc. (RAHIMIAN y CÁSALE, 1992).

Cabe señalar además, la gran importancia que tiene el hecho de prevenir el desarrollo de la enfermedad más que realizar tratamientos curativos, ya que existiendo factores predisponentes, la enfermedad tenderá a permanecer en el huerto, pese a realizar programas de control (WHILEY, 1990).

En Chile, los huertos normalmente conviven con ataques del hongo en mayor o menor grado, debido a que las razas presentes no son tan virulentas como en otras zonas de producción tales como Australia, Sud África o California. Ello pone de manifiesto la interrogante de si se justifica realmente la utilización de portainjertos clónales resistentes o tolerantes a *Phytophthora*, considerando que su costo de producción es muy superior al de portainjertos de semilla (MAGHDAL, 1995)\*.

---

\* MAGHDAL, C. Ing.Agr. 1995. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

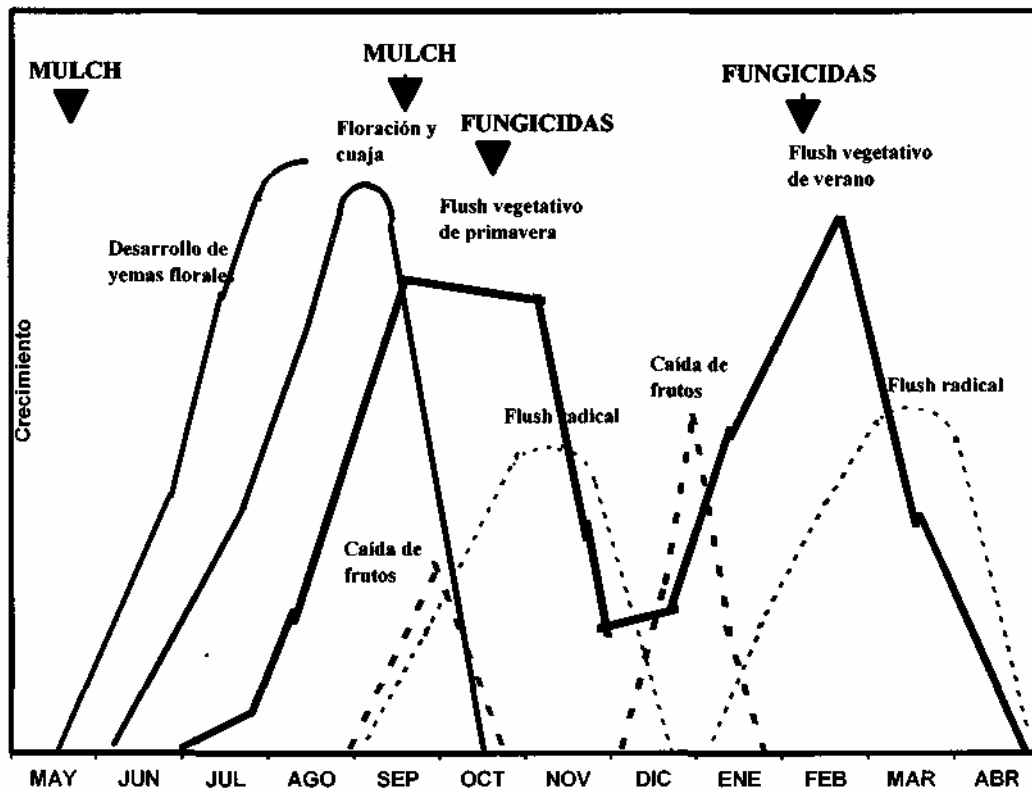


FIGURA 4. Prácticas de control de *Phytophthora* según el ciclo de crecimiento del palto. Bajo los árboles el cubrimiento con un mulch es realizado durante el invierno/temprano en la primavera, cuando la actividad de *Phytophthora* es mínima. Los fungicidas son aplicados ya sea por inyecciones al tronco o por aplicaciones al suelo, previo al mayor flash radical. Las inyecciones son retrasadas en la primavera hasta que las temperaturas sean consistentemente superiores a 23°C.

Hay otra buena razón para desarrollar un programa integrado de control de *Phytophthora cinnamomi* en paltos. El sitio específico de acción de los fungicidas sistémicos puede ser vulnerable a perder la eficacia con el continuo uso, debido a su elevada biodegradación o aparición de "razas" resistentes del patógeno (COFFEY, 1987).

La exclusión de *Phytophthora* mediante la utilización de material sano en áreas libres de la enfermedad, se considera como la medida de control más importante que se puede tomar a corto plazo. No es extraño que los viveros vendan plantas enfermas, lo que aumenta el riesgo de introducir el hongo en nuevas áreas (WHILEY y PEGG, 1990).

Se debe tener particular cuidado de no sobrerregar los huertos de paltos con problemas de suelo. Por ello, los requerimientos hídricos de los árboles deben ser monitoreados tan cuidadosamente como sea posible (KÓHNE, 1988).

Los sistemas de distribución de agua como el riego por inundación y el goteo causan los mayores problemas que se dan en la pudrición de raíces por *Phytophthora*. Ambos sistemas pueden mojar excesivamente el suelo, provocando un avance fácil de la actividad del hongo. Los microaspersores producen una distribución más pareja del agua, sin provocar una saturación del suelo y son más eficaces para los requerimientos de los árboles (WHILEY y PEGG, 1990).

El programa de riego de árboles sanos y enfermos debe ser planeado separadamente (WHILEY et. al., 1986). En el caso de existir plantas enfermas, se debe evitar la dispersión desde una planta afectada a otra sana, lo cual se logra estableciendo una zona seca, es decir, una barrera seca que no se riegue nunca (KÖHN, 1988).

El manejo del riego no es una práctica habitual en huertos de paltos afectados por *Phytophthora* como método de control, y sólo ha sido utilizado para manejar parámetros tales como crecimiento vegetativo, calibre, productividad, etc. Pero a medida que se avance en mejorar las estrategias de control, el manejo del riego tomará su real importancia en el desarrollo de esta enfermedad (MENGE et. al., 1992; COFFEY, 1991).

Una vez que las plantaciones se infectan con *Phytophthora cinnamomi*, no es usual que las técnicas de cultivo proporcionen un control completo para la pudrición de raíces, por lo que se pueden requerir productos químicos para reducir la severidad de la enfermedad (WHILEY, 1990) .

BOTHA, CONSDALE y SCHUTTE (1988) y MENGE et. al. (1992) concuerdan en señalar que el control químico de *Phytophthora cinnamomi* puede ser dividido en dos fases: uso de fumigantes en pre-plantación al suelo

como Bromuro de Metilo, método costoso y difícil de aplicar, y el uso de fungicidas sistémicos como Metalaxilo (Ridomil) (COFFEY, 1987) o Fosetil de Aluminio (DARVAS, 1992; CALABRESE, 1992) .

También se ha utilizado exitosamente en el control de este patógeno el ácido fosforoso como tal, suministrado mediante inyección al tronco (CALABRESE, 1992).

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1. Ubicación:

El ensayo se realizó en la Estación Experimental "La Palma", Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en el sector La Palma, provincia de Quillota, V Región, Chile. Las coordenadas geográficas son 32'50" latitud sur y 71'13" longitud oeste.

#### 3.2. Definición del área del proyecto:

##### 3.2.1. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Koeppen, Quillota posee un clima templado cálido, que se caracteriza por tener una temperatura media uniforme superior a 10°C a través del año, veranos secos y cálidos resultantes de la influencia de vientos alisios o de vientos subtropicales variables.

Los inviernos son lluviosos y concentran el 67% de las precipitaciones anuales, siendo éstas escasas en los meses de abril, septiembre y octubre, existiendo un período de carencia absoluta de

lluvias entre los meses de noviembre y marzo. El promedio de precipitaciones anuales es de 436,2 mm (MARTÍNEZ, 1981).

El régimen térmico de esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 15,3°C, con una máxima media del mes más cálido (enero), de 27°C y una mínima media en el mes más frío (julio), de 5,5°. La suma anual de temperaturas base 5°C es de 3700 grados día y con base 10 °C, 1990 grados día (NOVOA et. al., 1989). Las heladas se concentran en los meses invernales, son escasas y de corta duración, existiendo un período libre de heladas de nueve meses que corresponde desde septiembre a mayo, lo cual permite el cultivo de especies frutales y hortícolas susceptibles a daños por bajas temperaturas.

La humedad relativa a lo largo del año es alta y uniforme, registrándose valores más altos en los meses de invierno y temprano por las mañanas.

### 3.2.2. Suelo

Pertenece a la serie La Palma (Anexos 1 y 2), según estudio agrológico realizado por el Departamento de Conservación de Suelos y Aguas del Ministerio de Agricultura en 1966 (MARTÍNEZ, 1981). El suelo es sedimentario, profundo, de origen coluvial, formado a

partir de sedimentos graníticos de la formación granítica de los cerros ubicados al este del predio. De textura superficial franco-arcillosa de color pardo y en profundidad es arcillosa de color pardo rojizo oscuro. Presenta un substrato constituido por gravas y piedras con material intersticial que le otorga una permeabilidad moderada y buen drenaje. Se clasifica en clase II de Capacidad de Uso (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1966; MARTÍNEZ, 1981).

El Anexo 3 muestra un análisis granulométrico del suelo de uno de los bloques que se consideró para este estudio.

### 3.2.3. Agua

Proviene del canal Ovalle, el cual es abastecido por el río Aconcagua, de régimen típicamente nival. Durante el invierno recibe en la primera zona (Los Andes-San Felipe) las precipitaciones fundamentalmente en forma de nieve, las cuales escurren principalmente en la primavera cuando aumentan las temperaturas. El agua de este canal no presenta peligro de sodificación, salinización ni cloruros que puedan significar una limitación en su uso (Anexo 4) (MARTÍNEZ, 1981).

### 3.3. Material vegetal;

Los árboles utilizados en este ensayo fueron seleccionados por GEORGI (1993) en un ensayo preliminar, seleccionándose 54 árboles de la especie *Persea americana* Mill. cv. Hass, en estado de baja producción dentro de su ciclo de producciones bianuales, plantados en el año 1976 sobre portainjerto Mexícola a una distancia de 10 m entre hileras y 10 m sobre la hilera, con un cultivar polinizante al centro (quincunce), quedando a una distancia real de 7,1 x 7,1.

La muestra se constituyó por 18 paltos aparentemente sanos, 18 paltos moderadamente afectados y 18 paltos severamente afectados por *Phytophthora cinnamomi*, los que fueron elegidos y calificados por GEORGI (1993) en base a la sintomatología visual de la canopia y por calificación de su sistema radical. Las evaluaciones se realizaron un año después de haber comenzado a aplicar los tratamientos. Se evaluaron dos parámetros, canopia y estado radical.

#### 3.3.1. Medición de parámetros

##### 3.3.1.1 Canopia.

Finalizado el "FLUSH" de crecimiento vegetativo primaveral (aproximadamente la última semana del mes de enero), se evaluaron

cuatro brotes por punto cardinal en cada uno de los 54 árboles. Estos fueron tomados al *azar* a una altura de 1,5 m sobre el suelo. Para evaluar el posible efecto de los tratamientos, se realizaron las siguientes mediciones en cada uno de los brotes:

- Longitud (expresada en cm)
- Número de hojas
- Longitud de cada hoja (expresada en cm)

Se consideró como punto inicial (cero) de crecimiento la corona de la yema, a partir de la cual se verificó el crecimiento.

#### 3.3.1.2. Estado Radical.

Se realizó a través de una observación visual superficial, con previa remoción de la hojarasca presente, de 0,5 m<sup>2</sup> por punto cardinal bajo la canopia de cada árbol, a una distancia de 50 cm desde el tronco. En cada punto se analizaron:

- Cubrimiento de las raíces (%): Para su determinación se implementaron cuatro niveles de clasificación:

Nivel 1: Muy bajo (20% ó menos del área cubierta por raíces)

Nivel 2: Bajo (20% a 40% del área cubierta por raíces)

Nivel 3: Moderado (40% a 60% del área cubierta por raíces )

Nivel 4: Abundante (más del 60% del área cubierta por raíces)

- Estado Fitosanitario: Se evaluó la intensidad del daño considerando una escala de 4 grados:

Grado 0: Sanas (100% raíces presentes sanas)

Grado 1: Levemente afectadas (Hasta 25% raíces visualmente enfermas)

Grado 2: Moderadamente afectadas (25% a 50% de raíces visualmente enfermas)

Grado 3: Severamente afectadas (50% a 100% de las raíces visualmente enfermas o ausencia de ellas)

Estas evaluaciones se realizaron finalizado el "FLUSH" de crecimiento radical de primavera. En esta zona ello ocurre aproximadamente la primera quincena de febrero.

El Cuadro 1 muestra como fueron calificadas las raíces de los árboles al asociar los parámetros estado fitosanitario y niveles de cubrimiento.

CUADRO 1: Calificación de raíces según el estado fitosanitario y los niveles de cubrimiento

| cubrimiento<br>(niveles) | Estado fitosanitario |                                  |                                      |                                    |
|--------------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
|                          | Raíces<br>sanas      | Raíces<br>levemente<br>afectadas | Raíces<br>moderadamente<br>Afectadas | Raíces<br>severamente<br>Afectadas |
| 1<br>Muy bajo            | ME                   | E                                | E                                    | E11                                |
| 2<br>Bajo                | S                    | ME                               | E                                    | E                                  |
| 3<br>Moderadas           | S                    | ME                               | ME                                   | E                                  |
| 4<br>Abundante           | S                    | S                                | ME                                   | E                                  |

E = Enfermas

ME = Medianamente Enfermas

S = Sanas

### 3.3.2. Temperatura del suelo

En relación al desarrollo de raíces y la enfermedad, se llevó un registro de temperatura promedio mensual del suelo, midiendo diariamente la temperatura a 15 cm de profundidad a las 16 horas.

### 3.4. Tratamientos

Los árboles de cada uno de los tres estadios fitosanitarios (evaluados a nivel de canopia y raíces) fueron asignados en forma aleatoria a los siguientes niveles de riego:

1. 100 % descarga normal o testigo, con un gasto de 36 l/hr

2: 85% de la descarga normal, con un gasto de 30 l/hr 3:

70% de la descarga normal, con un gasto de 25 l/hr

Los diferentes volúmenes aportados se consiguieron cambiando las boquillas de los microaspersores. Con lo anterior, quedaron establecidos un total de nueve tratamientos, que se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Descripción de los tratamientos.

| Nivel de Riego | ESTADO FITOSANITARIO DE LOS ARBOLES |                       |          |
|----------------|-------------------------------------|-----------------------|----------|
|                | Sanos                               | Medianamente enfermos | Enfermos |
| 100% (36 l/hr) | T1                                  | T2                    | T3       |
| 85% (30 l/hr)  | T4                                  | T5                    | T6       |
| 70% (25 l/hr)  | T7                                  | T8                    | T9       |

El sistema de riego por microaspersión consiste en dos emisores por árbol (en los puntos cardinales norte y sur). Se controló la precipitación real de éstos con aforos mensuales durante la temporada de riego. De los aforos se obtuvo un promedio por tratamiento, que se ocupó en el cálculo de los volúmenes de riego aplicados por mes (Anexos 6 al 8), considerando un total de 200

árboles por hectárea. El sistema generó diámetros de mojado entre 5,6-6,2 m y funcionó a una presión de 180 kPa.

Para estimar el requerimiento de agua se utilizó el método del Evaporímetro Clase A. Para ello, se recopilaron los datos de evaporación de bandeja que dispone la estación meteorológica de la Estación Experimental La Palma, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso. El cálculo de la lámina de riego a reponer se realizó utilizando un valor de  $K_b = 0,8$ . Los valores del coeficiente de cultivo  $K_c$  oscilaron dentro de un rango entre 0,35-0,55 dependiendo del mes correspondiente (Anexo 11) (GARDIAZÁBAL, 1994\*; SALGADO Y BOZZOLO, 1996).

La frecuencia de riego y el tiempo de riego se establecieron mediante la lectura de las baterías de tensiómetros ubicados a 30 y 60 cm de profundidad, junto a la utilización de la Bandeja Evaporimétrica clase A.

### 3.5. Diseño estadístico;

El diseño estadístico correspondió a Bloques Completamente al Azar, con arreglo factorial (3x3), es decir, tres niveles de riego y tres

---

\* GARDIAZÁBAL, F. Ing.Agr. 1995. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

niveles de incidencia de *Phytophthora cinnamomi*. Cada tratamiento tuvo seis repeticiones.

Además se realizó un análisis descriptivo del porcentaje de infección de las raíces, basado en una evaluación visual como lo señala el punto 3.3.2.

Para comparar los promedios, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de medias, TUKEY, al 5%.

## 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Registros climatológicos

Se puede apreciar que las temperaturas de suelo se comportaron favorables al desarrollo del hongo durante los meses de noviembre a marzo, según CURTÍS y ZENTMYER (1949), ZENTMYER (1980) y COFFEY (1991) quienes indican que este hongo crece activamente en un rango de temperaturas de suelo que va de 15°C hasta 30°C, favoreciendo la infección y desarrollo (Cuadro 3). Además, cabe destacar que estos meses coinciden con presentar las condiciones más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de raíces finas absorbentes, las cuales son muy susceptibles a ser infectadas por el patógeno (WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988). El umbral mínimo de temperatura que requiere el sistema radical del palto para su crecimiento y desarrollo es de 13 °C, según lo reporta GARDIAZÁBAL (1995)\* , con lo cual el período de susceptibilidad se extendería hasta abril.

Por otra parte, es interesante analizar el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas registradas (Anexo 5), dada la alta sensibilidad que tiene esta especie frutal subtropical a las bajas

---

\* GARDIAZÁBAL, F. Ing.Agr. 1995. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

temperaturas, y por otro lado a la influencia que ejerce sobre eventos fenológicos como la floración y cuaja.

CUADRO 3.- Temperaturas promedio mensuales de suelo medido a 15 cm de profundidad, sector La Palma, Estación Experimental de la Facultad de Agronomía, U.C.V., correspondientes al año 1993 (marzo a diciembre) y 1994 (enero y febrero).

| <b>MES</b>     | <b>TEMPERATURA</b><br>°C | <b>MES</b>        | <b>TEMPERATURA</b><br>°C |
|----------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| <b>Enero</b>   | <b>17,70 °C</b>          | <b>Julio</b>      | <b>9,00 °C</b>           |
| <b>Febrero</b> | <b>17,25 °C</b>          | <b>Agosto</b>     | <b>11,80 °C</b>          |
| <b>Marzo</b>   | <b>16,90 °C</b>          | <b>Septiembre</b> | <b>11,83 °C</b>          |
| <b>Abril</b>   | <b>14,68 °C</b>          | <b>Octubre</b>    | <b>13,90 °C</b>          |
| <b>Mayo</b>    | <b>11,75 °C</b>          | <b>Noviembre</b>  | <b>15,82 °C</b>          |
| <b>Junio</b>   | <b>9,80 °C</b>           | <b>Diciembre</b>  | <b>16,85 °C</b>          |

Como se puede apreciar en el Anexo 5, durante el periodo en análisis se registraron temperaturas inferiores a -1,1°C que es la temperatura critica que soporta este especie por media hora antes de experimentar daño. Ello significó que parte del material vegetal de este ensayo se daño en algún grado, quemándose ápices de crecimiento, hojas etc. Por esto, el material correspondiente a los brotes apicales seleccionados debió ser reemplazado por brotes axilares en los 54 árboles que comprendieron el ensayo.

Las precipitaciones totales (Anexo 5) del período fueron 286 mm, concentradas entre abril y agosto, época de baja demanda evaporativa, por lo que deben ser consideradas parcialmente dentro de los requerimientos totales de agua de esta especie para esta zona.

#### 4.2. Volúmenes de agua aportados:

Los tratamientos de 100%, 85% y 70% constaron de volúmenes de riego de 6000 m<sup>3</sup>/ha, 5000 m<sup>3</sup>/ha y 4344 m<sup>3</sup>/ha respectivamente (Anexos 6, 7 y 8) , sin incluir las precipitaciones ocurridas el periodo invernal, las cuales correspondieron a un total de 2860 m<sup>3</sup>/hectárea.

Se aprecia que los volúmenes aportados en los tratamientos 85 y 70% de agua se aproximan a los requerimientos reportados para paltos por GARDIAZÁBAL y ROSENBERG (1991) de 4000 a 5000 m<sup>3</sup>/ha en zonas donde la pluviometría media anual es de 600 mm, como por ejemplo Peumo (VI Región), lo mismo que reporta CALABRESE (1992) para Sicilia.

LAHAV y KALMAR (1983) proponen requerimientos de 6700 m<sup>3</sup>/ha (Israel), PECK (1985) señala como óptimo 2300 m<sup>3</sup>/ha (California), CALABRESE (1992) indica 12000 m<sup>3</sup>/ha para Egipto y 5000 m<sup>3</sup>/ha para Sicilia, TELLO (1991) propone para la localidad de Quillota volúmenes de 3200 y 4100 m<sup>3</sup>/ha, de manera de obtener un mejor

crecimiento vegetativo y desarrollo y, calidad de fruta. Todos estos datos reflejan una variedad de opiniones en cuanto a los requerimientos de riego del cultivo.

La explicación de la diferencia en los requerimientos hídricos está no sólo a nivel de las demandas evaporativas, sino también en las características a nivel edáfico relacionadas con la textura, capacidad de retención de agua, salinidad del suelo y del agua de riego, contenido de materia orgánica, etc. Suelos tendientes a tener poca materia orgánica o textura arenosa presentarán mayores frecuencias de riego que suelos más arcillosos, cuya retención de humedad es mayor.

LAHAV y KALMAR (1983); KURTZ, GUIL y KLEYN (1991) en Israel, y GUSTAFSON et. al., (1979) en California, encontraron que altas producciones se asocian a riegos abundantes en esas localidades (5380 a 8280 m<sup>3</sup>/ha por temporada); dependiendo del tipo de suelo y de los niveles de pluviometría y evaporación de bandeja para cada zona en particular.

BOZZOLO (1993) señala que láminas de 5300 y 5570 m<sup>3</sup>/ha aportadas por temporada serían las más adecuadas para el cultivo en Quillota, sin embargo, sugiere que podrían requerirse láminas aún menores (3758

m<sup>3</sup> por ejemplo), según algunos datos de producción manejados en su estudio.

Para el caso particular de este ensayo, los volúmenes del tratamiento 100% de agua estaría por sobre lo recomendado por BOZZOLO (1993) para Quillota, y por ello se podría pensar que este volumen de agua estaría predisponiendo a un ataque más severo de *Phytophthora*. a causa del menor vigor y crecimiento radical, efecto del exceso de agua y, también que este tratamiento pudo posibilitar condiciones de saturación y falta de oxígeno que pudieran derivar en asfixia radical, condición que, como reporta BESOAIN (1990) puede ser confundida con la sintomatología visual de ataques de *Phytophthora*.

#### 4.3. Influencia de tres volúmenes de riego sobre tres grados de la enfermedad pudrición de raíces causada por *Phytophthora cinnamomi*:

Se analizarán a continuación los resultados de los parámetros evaluados respecto de cada tratamiento.

#### 4.3.1. Longitud de brotes

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre la variable longitud de brotes se pudo determinar que tanto el nivel de riego como el grado de la enfermedad inciden.

Esto confirma lo señalado por los autores WHILEY (1990), WHILEY et. al. (1986) y por GARDIAZÁBAL y ROSENBERG (1991) quienes afirman que un síntoma característico de la enfermedad es presentar débiles "FLUSH" de crecimiento, lo cual se manifestó en los árboles "enfermos" de este ensayo.

El Cuadro 4 muestra como se vio afectado el largo promedio de los brotes según la interacción del grado de la enfermedad y el tipo de riego.

CUADRO 4.- Largo de brotes promedio (cm) según la interacción del grado de la enfermedad (*Phytophthora cinnamomi*) y el tipo de riego.

| TIPO DE RIEGO | GRADO DE LA ENFERMEDAD |                       |              |
|---------------|------------------------|-----------------------|--------------|
|               | ENFERMOS               | MEDIANAMENTE ENFERMOS | SANOS        |
| 100 %         | 9,67    b c            | 9,60    b c           | 12,46    e   |
| 85 %          | 8,24    a b            | 9,95    b c d         | 12,35    e   |
| 70 %          | 7,54    a              | 10,19    c d          | 11,71    d e |

Promedios con letras iguales indican que los tratamientos no difieren estadísticamente, según TUKEY al 5%. \* Largo de brotes promedio expresado en cm.

Se pudo determinar que, en general, la mayor expresión del crecimiento de brotes se obtuvo en árboles sanos, independiente del nivel de riego, seguido de los medianamente enfermos en los cuales tampoco se registró efecto del nivel de riego. Desde el punto de vista del crecimiento vegetativo, los mayores niveles de riego (100%) en árboles enfermos favorecen el crecimiento del brote. Esto se podría explicar porque las escasas raíces funcionales tendrían mayor probabilidad de acceso al agua. Esto por otra parte indicaría que 100% Etc no constituye un exceso, comparado con el 70% Etc que sería suficiente para árboles medianamente enfermos y sanos.

El desarrollo de *Phytophthora cinnamomi* involucra una disminución en la conductancia estomática al CO<sub>2</sub> y una disminución en la fotosíntesis neta (SCHAFFER y PLOETZ, 1989). Ello implicaría un menor crecimiento, y en este caso, una menor longitud de brotes en los árboles afectados en general.

TELLO (1990) señala en cuanto al estudio del efecto del riego diferenciado en el crecimiento vegetativo en árboles aparentemente sanos en estado de baja producción, que existe un efecto detrimental al ser utilizados volúmenes de 2300 m<sup>3</sup>/ha causando un déficit hídrico. Volúmenes de 5500 m<sup>3</sup>/ha causarían exceso de humedad en el suelo. No obstante, con volúmenes de 4100 m<sup>3</sup>/ha se obtuvieron mayores resultados en el crecimiento vegetativo evaluado sobre la elongación de brotes durante el "FLXJSH" de crecimiento en primavera. No obstante los resultados descritos por TELLO (1990), los resultados de este ensayo indican un mayor crecimiento de brotes en árboles enfermos con riego de 100% comparado con aquel reducido a 70% lo que en volumen de agua aplicados corresponde a 6000 m<sup>3</sup>/ha (100% agua) y 4344 m<sup>3</sup>/ha (70% agua), respectivamente.

#### 4.3.2. Número de hojas

Al analizar el parámetro número de hojas se determinó que existe efecto significativo del grado de enfermedad, pero no existe diferencias tipos de riego.

Por otro lado, el Cuadro 5 muestra la influencia que tiene el grado de la enfermedad sobre el número de hojas.

CUADRO 5.- Análisis del número promedio de hojas según el grado de enfermedad.

| GRADO DE LA ENFERMEDAD | PROMEDIO N° DE HOJAS |
|------------------------|----------------------|
| ENFERMOS               | 7,0 a                |
| MEDIANAMENTE ENFERMOS  | 7,5 b                |
| SANOS                  | 7,8 b                |

Promedios con letras iguales indican que los tratamientos no difieren estadísticamente, según TUKEY al 5%.

Al comparar los promedios del número de hojas en los árboles con distinto grado de enfermedad se determinó, con una probabilidad de error del 5%, que los árboles enfermos tienen en promedio un menor número de hojas en comparación a los medianamente enfermos y a los sanos. Esta disminución en el número de hojas estaría evidenciando

una condición de desarrollo vegetativo más precaria en aquellos árboles afectados en un grado avanzado por la enfermedad (calificados en este ensayo como enfermos), no siendo tan evidente sobre aquellos medianamente afectados, los cuales mostraron un número de hojas similar al de aquellos calificados como sanos. Esta disminución se asume que está relacionada con la condición del sistema radical el cual, al estar afectado, presenta una disminución en la asimilación de agua y nutrientes, junto a un menor transporte de éstos asimilados y de las hormonas que son producidas allí (giberelinas y citoquininas), que influyen en el crecimiento y desarrollo de los brotes y hojas (MARSHNER, 1986).

#### 4.3.3. Longitud de hojas

El Cuadro 6 muestra la influencia que ejercen el grado de enfermedad y el tipo de riego sobre la longitud de hojas. Con una probabilidad de error del 5%, se determinó que existe efecto significativo del grado de enfermedad y del riego, además de la interacción del grado de enfermedad con el riego, con respecto a la longitud de hojas en los árboles.

CUADRO 6.- Análisis Comparativo de la longitud de hojas promedio para la interacción del grado de enfermedad y el tipo de riego.

| RIEGO      | GRADO DE LA ENFERMEDAD |                       |           |
|------------|------------------------|-----------------------|-----------|
|            | ENFERMOS               | MEDIANAMENTE ENFERMOS | SANOS     |
|            | *                      | *                     | *         |
| 100 % AGUA | 12,30 b                | 12,72 b               | 13,21 d   |
| 85 % AGUA  | 12,08 a                | 12,53 b               | 13,64 c d |
| 70 % AGUA  | 11,11 a                | 12,33 b               | 12,93 c   |

Promedios con letras iguales indican que los tratamientos no difieren estadísticamente, según TUKEY al 5%. \* Longitud de hojas promedio expresada en cm.

Al comparar los promedios de los tratamientos de grado de enfermedad y riego sobre las longitudes de las hojas se determinó que los mayores promedios se encuentran en los árboles sanos con 100% y 85% de agua. Por otro lado, los árboles enfermos mostraron diferencias con respecto a los tratamientos, evidenciándose una mayor longitud de hojas en los árboles con un 100% de agua. Ello concuerda con la mayor longitud de brotes encontrado en estos árboles (punto 4.3.1). Sin embargo, esta apreciación es inconsistente con lo esperado para árboles afectados por *Phytophthora*, una explicación a ello se basaría en el hecho de que el huerto en el que se desarrolló este estudio se encontraba bajo un régimen de riego insuficiente durante

parte del transcurso de este ensayo (explicado en el punto 4.3.1). Ello pudo influenciar en predisponer a los árboles enfermos a un ataque más severo de *Phytophthora* (COFFEY, 1991) . No obstante, bajo el rango de riego utilizado en este ensayo, los árboles pudieron recuperarse en parte de los efectos de un nivel insuficiente de riego, como son: producción de hormonas tales como el ABA, que influenciaría sobre cierre estomático, disminución de la asimilación de CO<sub>2</sub>, disminución de la fotosíntesis neta, disminución de la biomasa, etc. y con ello menor desarrollo del cultivo. Sin embargo, al aplicar un 100% del volumen de agua en los árboles enfermos, éstos presentaron mejor desarrollo de brotes en cuanto a su longitud y en cuanto a la longitud de hojas debido a que pudieron superar en mejor grado la condición antes señalada.

El Anexo 9 muestra los valores promedios de los tres parámetros evaluados con respecto a cada tratamiento y al grado de enfermedad.

#### 4.3.4. Evaluación superficial de las raíces:

Como se indicó en el Capítulo 3, se debe señalar que esta apreciación superficial de las raíces fue netamente visual y cualitativa, por lo cual el análisis se realizó sobre evaluaciones descriptivas.

La evaluación y calificación superficial de las raíces se realizó en base a las categorías señaladas en el Cuadro 1. El Cuadro 7 muestra un resumen de la calificación radical de los 54 árboles según la clasificación sanitaria inicial de los árboles y el volumen de agua aplicado. La calificación se realizó al finalizar el período de tratamiento, que correspondió alrededor de un año.

CUADRO 7 : Calificación radical final de los 54 árboles para cada tratamiento según su clasificación sanitaria inicial.

| Calificación inicial  | Volumen de riego |             |             |
|-----------------------|------------------|-------------|-------------|
|                       | 100% de agua     | 85% de agua | 70% de agua |
| Enfermos              | 3/E              | 5/E         | 5/E         |
|                       | 3/ME             | 1/ME        | 1/ME        |
|                       | 0/S              | 0/S         | 0/S         |
| Medianamente enfermos | 4/E              | 3/E         | 3/E         |
|                       | 2/ME             | 3/ME        | 3/ME        |
|                       | 0/S              | 0/S         | 0/S         |
| Sanos                 | 4/E              | 4/E         | 2/E         |
|                       | 2/ME             | 2/ME        | 4/ME        |
|                       | 0/S              | 0/S         | 0/S         |

E = Enfermos; ME = Medianamente enfermos; S = Sanos

Se pudo observar que sobre el 50% de los árboles, cualquiera fuese su estado fitosanitario a nivel de canopia, presentaron una calificación a nivel radical superficial de "Enfermo", y alrededor de un 40% se clasificó como medianamente enfermo. Ningún árbol pudo ser calificado como sano en su sistema radical superficial en cualquiera de los tratamientos de riego independiente de su estado fitosanitario a nivel de canopia.

Un factor que pudo haber determinado la condición generalizada de raíces enfermas en todos los árboles y tratamientos, fue la ubicación de la zona de muestreo de las raíces, la cual se ubicó bajo la canopia. Esta zona habitualmente presenta condiciones de alta humedad y saturación, debido al sombreado y follaje a menos de 30 centímetros de altura sobre la superficie, que interfiere con la distribución homogénea del agua provenientes de los microaspersores, los que a su vez produce apozamientos.

También en esto influye el "mulch" de hojas provenientes de la caída natural desde los árboles. En esta zona ausente de raíces, la presencia del "mulch" de hojas interfiere en el normal flujo del vapor de agua hacia la atmósfera a través del proceso de evaporación. Es así que un día antes del riego, dicha zona presenta una tensión que se mantiene bajo los 8 cb, después de 3,5 días desde el riego anterior. Esto provoca que esta zona mantenga una excesiva

humedad que puede alcanzar a la saturación al momento del siguiente riego. Todo esto predispone a que las raicillas absorbentes superficiales (< a 3 mm de diámetro), estén bajo una constante presión de infección de la enfermedad causada por *Phytophthora*.

No obstante, se debe destacar que la mayor cantidad de raíces absorbentes del palto (< a 3 mm de diámetro), se encuentran no sólo a nivel superficial sino también en las primeras estratas del suelo (VILLABLANCA, 1994; TORO, 1995). Al respecto, GARDIAZÁBAL (1995)\* señala que el 50% de las raíces del palto se encuentran en los primeros 30 centímetros del suelo. Por otra parte, HERNÁNDEZ (1991) y TAPIA (1993) reportan que el 80% de las raicillas se distribuyen en los primeros 40 cm del suelo, y el 20% restante entre los 40 y 60 cm de profundidad. Lo anterior explica la respuesta al nivel de crecimiento y desarrollo de brotes en los árboles en este ensayo, cuyas raíces al final del tratamiento fueron calificadas como enfermas.

Lo anterior hace pensar que fue insuficiente analizar sólo ese sector o área de raíces para el muestreo. Sería interesante, en futuros ensayos, analizar zonas más alejadas de la proyección de la canopia o a una profundidad mayor, dentro del área de concentración

---

\* GARDIAZÁBAL, F. Ing.Agr. 1995. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

de las raíces, para así obviar factores que puedan alterar los resultados.

En relación a lo anterior, BESOAIN (1995)\* señala que ha excavado a 50 cm bajo el microaspersor en árboles enfermos y no ha encontrado raíces. Por un lado, ésto coincide con lo reportado por VILLABLANCA (1994), y por otro lado, ésto evidenciaría que en árboles enfermos no hay raíces o ellas pueden estar necrosadas por lo cual no es común encontrarlas.

Frente a todo lo expuesto, se puede sugerir que los tiempos de riego debieran ser parcializados, evitando así largos períodos de anaerobiosis producto de una condición de saturación del suelo a nivel de los primeros centímetros, dado que ello entrega las condiciones predisponentes al ataque y desarrollo de *Phytophthora cinnamomi*.

---

\* BESOAIN, X. 1995. Ing.Agr. Ms.Sc. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

## 5. CONCLUSIONES

Aplicaciones de tres niveles hídricos sobre tres grados de enfermedad, sanos, medianamente enfermos y enfermos, causados por *Phytophthora cinnamomi* en un huerto adulto de paltos (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, correspondientes a 6000 m<sup>3</sup>/ha (100% de agua), 5000 m<sup>3</sup>/ha (85% de agua) y 4345 m<sup>3</sup>/ha (70% de agua), no mostraron diferencias significativas a nivel de parámetros vegetativos tales como longitud de brotes y longitud de hojas para la categoría de árboles sanos y medianamente enfermos; excepto para la categoría de árboles enfermos en que el volumen 100% de agua produce un crecimiento mayor o similar al observado en los árboles medianamente enfermos con cualquier nivel de riego.

Todos los árboles presentaron, en algún grado, la enfermedad en su sistema radical superficial, independiente del volumen de riego aplicado y del estado fitosanitario a nivel de canopia.

Debido a que durante el presente estudio no fue posible determinar los volúmenes de riego a cada nivel fitosanitario que se traduzcan en un claro efecto recuperatorio de los árboles afectados por *Phytophthora cinnamomi*, se recomienda continuar esta línea de investigación durante más temporadas.

## 6. RESUMEN

El presente ensayo se realizó entre los meses febrero de 1993 y febrero de 1994, en la Estación Experimental La Palma, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en el sector La Palma, provincia de Quillota, V Región, Chile.

Se utilizaron 54 árboles adultos de 15 años de edad de la especie *Persea americana* Mill. cv. Hass, en estado de baja producción, en un marco de plantación de 10 x 10 m con un polinizante al centro (quincunce). La muestra se constituyó por 18 árboles aparentemente sanos, 18 moderadamente afectados y 18 severamente afectados por *Phytophthora cinnamomi*, elegidos en base a sintomatología visual de la canopia y a una calificación radical superficial realizada en un ensayo preliminar.

La respuesta de los árboles fue determinada evaluando parámetros aéreos vegetativos como longitud de brote, número y largo de hojas. A nivel radical se realizó un análisis cualitativo superficial bajo la canopia de cada árbol.

Los resultados obtenidos no registraron una respuesta significativa en relación a la longitud de brotes y largo de hojas para la categoría de árboles sanos y medianamente enfermos, para cualquiera de los tres volúmenes aplicados. Para la categoría de árboles enfermos se obtuvo un efecto significativo, en cuyo caso particular se encontró una mayor longitud cuando se aplicaron volúmenes de 6000 m<sup>3</sup>/ha.

Se determinó que para el parámetro número de hojas no hubo efecto significativo entre los tres volúmenes de riego aplicados.

En relación al análisis cualitativo radical en la superficie, todos los árboles mostraron algún grado de ataque de la enfermedad, independiente del volumen de riego aplicado.

## 7. LITERATURA CITADA

- ABERCROMBIE, R.A. 1990. Soil requirements for avocado cultivation. Farming in South Africa. 2p. (Avocados B.2.).
- BEKEY, R. 1987. California avocado diseases. California Grower 11:18-21.
- BENDER, G.S.; CASALE, W.L. and RAHIMIAN, M. 1992. Use of worm-composted sludge as a soil amendment for avocados in *Phytophthora* infested soil. Proceedings of Second World Avocado Congress II. 21-25 April 1991, Orange, California, U.S.A. pp.143. (Abstract).
- BESOAIN, X. 1990. Enfermedades del palto. Curso Internacional de Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas. 2-5 octubre, Vina del Mar, Chile. pp.K1-K7.
- BOTHA, T.; CONSDALE, J.H. and SCHUTTE, G.C. 1988. Mode of resistance in avocados after treatment with phosphorous acid. South African Avocado Growers' Assn. Yrbk. 11:29-31.
- BOZZOLO, E. 1993. Aproximación a la determinación de los coeficientes de cultivo (Kc) en palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass. para la zona de Quillota, V Región. Tesis Ing Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 78 p.
- CALABRESE, F. 1992. El Aguacate. Madrid, MundiPrensa. 249p.
- CHANDLER, W.H. 1962. Fruticultura. España, Occidente. 590p.
- . 1962. Frutales de hoja perenne. U.T.E.H.A. 666p.
- CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1966. Estudio agrológico de la Hacienda La Palma. Santiago. Departamento de Conservación de Suelos y Aguas. 144p.
- COFFEY, M.D. 1987. *Phytophthora* root rot of avocado: an integrated approach to control in California. Plant Disease 71:1046-1052.
- . 1991. Cause and diagnosis; Avocado root rot. Calif. Grower 15:17,22-23.
- . and GEES, R. 1992. Integrated Control of *Phytophthora* root rot using strain TW of *Myrothecium rocidum*. Proceedings of

Second World Avocado Congress II. 21-25 April 1991, Orange, California, U.S.A. pp.142. (Abstract).

- CURTIS, D.S. and ZENTMYER, G.A. 1949. Effect of oxygen supply on *Phytophthora* root rot of avocado in nutrient solution. Am. J. Bot. 36:471-474.
- DARVAS, J.M. 1992. Chemical Control Review and Root Rot Management in South Africa. Proceedings of Second World Avocado Congress II. 21-25 April 1991, Orange, California, U.S.A. pp.670-673.
- DU PLESSIS, S.F. 1991. Factors important for optimal irrigation scheduling of avocado orchards. South African Avocado Growers' Association Yearbook 14:91-93.
- DURAND, B.J. and DU PLESSIS, S.F. 1990. Irrigation of avocado orchards. Farming in South Africa. 2p. (Avocados F.I.).
- GARDIAZABAL y ROSENBERG, G. 1991. Cultivo del Palto. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 201p.
- GEORGI, K. 1993. Metodología para la evaluación de la incidencia de la enfermedad Tristeza del palto. Aislamiento, identificación y patogenicidad de cepas de *Phytophthora* asociadas. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 79p.
- GUSTAFSON, C.D. 1976. Avocado water relations. California Avocado Society Yearbook 60:57-72.
- . MARSH, R.W.; BRANSON, R.L. and DAVIS, S. 1979. Drip irrigation on avocados. Six year summary project. California Avocado Society Yearbook 63:95-134.
- HERNANDEZ, F. 1991. Aproximación al ciclo fonológico del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass para la zona de Quillota, V Región. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99 p.
- KALMAR, D. and LAHAV, E. 1977. Water requirements of avocado in Israel. I. Tree and soil parameters. Australian Journal Agriculture Research. 28 (5) : 859-868.
- KOHNE, J.S. 1988. Methods of increasing avocado fruit production. South African Avocado Growers' Assn. Yrbk. 11:53-55.

- KRIEDEMANN, P.E. 1986. Tree water relations. *Acta Horticulturae* 175:343-350.
- KURTZ, C.; GUILL, I. and KLEIN, I. 1991. Water rate effects on three avocado cultivars. World Avocado Congress II. 21-26 April of 1991, Orange, California. pp103. (Abstract).
- LATORRE, B. 1988. Problemas fitopatologicos del kiwi. *Chile Agro Export* (1):24-25.
- . 1992. Enfermedades de las plantas cultivadas. 3a. ed. Santiago, Ediciones Universidad Católica de Chile. 628p.
- LAHAV, E. and KALMAR. 1983. Determinations of the irrigation regimen for an avocado plantation in spring and autumn. *Aust. J. Agric. Res. Organ.* 34 (6) :714-724.
- LUTZ, A.; MENGE, J. and BENDER, G. 1988. *Phytophthora* root rot in citrus: cant it be controlled by manipulation of irrigation practices. *California Grower* 12(5):8-10.
- MAAS, E.M. and KOTZ, J.M. 1990. Recomendations for the control of root rot. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 13:6-7.
- MARTINEZ, A. 1981. Proyecto de implantación de sistemas de riego tecnificados en la Estación Experimental La Palma. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Agronomía. 140p.
- MARSHNER, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press. 674p.
- MENGE, J.A.; GUILLEMET, F.B.; CAMPBELL, S.; JOHNSON, E. and POND, E. 1992. The performance of Rootstocks Tolerant to Root Rot caused by *Phytophthora cinnamomi* under field conditions in Southern California. Proceedings of Second World Avocado Congress II. 21-25 April 1991, Orange, California, U.S.A. pp.53-59.
- NOVOA, R.; VILLASECA, R.; DEL CANTO, P.; ROANET, J.; SIERRA, C. y DEL POZO, A. 1989. Mapa Agroclimatico de Chile. Santiago, INIA. 221p.
- PECK, D. 1985. Researching the water needs of matur avocado trees. *Avocado Grower* 9(7):12,35.
- RAHIMIAN, M.K. and CASALE, W.L. 1992. Evaluation of *Phytophthora* root rot. Suppressive Soils from California Avocado Groves.

Proceedings of Second World Avocado Congress II. 21-25 April 1991, Orange, California, U.S.A. pp.123-128.

- SALAZAR, S. and CORTES, J. 1986. Root distribution of mature avocado trees growing in soils of different texture. California Avocado Society Yearbook 70:165-174.
- SALGADO, E. y TORO, M. 1995. Spatial distribution of avocado (*Persea americana* Mill) roots under drip and microsprinkler irrigation. III World Avocado Congress. Octubre 1995, Tel Aviv, Israel.
- SALGADO, E. y BOZZOLO, E. 1996. Approximation to the Crop Coefficient (Kc) for avocado (*Persea americana* Mill) cv. Hass at Quillota, Chile. Scientia Horticulturae (En prensa).
- SALGADO, E. 1990. Manejo del riego de paltos. Curso internacional de Producción, Postcosecha y Comercialización de paltas, 2-5 octubre de 1990, Viña del Mar, Chile, pp.11-116.
- SCHAFFER, B. and PLOETZ, R.C. 1989. Net gas exchange as a damage indicator for *Phytophthora* root rot of flooded and non flooded avocado. HortScience 24:653-655.
- STERNE, R.E.; KAUFMANN, M.R. and ZENTMYER, G.A. 1977. Environmental effects on transpiration and leaf water potential in avocado. Physiologia Plantarum 4:1-6.
- TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fonológico del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass. Taller de Lie. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 130p.
- TELIZ, D.; MORA, A.; VELAZQUEZ, C.; GARCIA, R.; MORA, G.; RODRIGUEZ, P.; ETCHEVERS, J.; SALAZAR, S. and TSAO, P.H. 1992. Integrated management of *Phytophthora* root rot of avocado in Atlixco, Puebla, Mexico. Proc. of Second Avocado Congress II. 21-25 April 1991, Orange, California, U.S.A. pp.79-87.
- TELLO, C.A. 1991. Efectos de volúmenes diferenciados de riego en el desarrollo vegetativo, producción y calidad de frutos en palto (*Persea americana* Mill), cv. Hass. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.
- TURNER, J. and MENGE, J. 1992. Mulching benefits. California Grower 17(10):35.

- VERHEIJ, E.W.M. 1986. Towards the classification of tropical three fruit trees. *Acta Horticulturae* 175:137-140.
- VILLABLANCA, I. A. 1994. Estudio comparativo de la distribución y densidad de raíces absorbentes en palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass en función a los patrones de distribución uso-consume del agua en el suelo evaluados bajo dos sistemas de riego presurizado (goteo y xmicroaspersión). Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.
- WHILEY, A.W. 1990. Interpretación de la fonología y fisiología de palto para obtener mayores producciones. Curso Internacional de Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas, 2-5 octubre de 1990, Viña del Mar, Chile. pp.El-E25.
- . and PEGG, K.G. 1990. Manejo integrado de la pudrición de raíces causada por *Phytophthora* en paltos. Curso Internacional de Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas, Universidad Católica de Valparaíso, Viña del Mar, Chile. pp.L1-L8.
- . CHAPMAN, K. and SARANAH, J. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill cv. Fuerte) during flowering. *Aust. J. Agric. Res.* 39:457-467.
- . PEGG, K.G.; SARANAH, J.B. and FORSBERG, L.J. 1986. The control of *Phytophthora* Root Rot of avocados with fungicidas and effect of this disease on water relations, yield and ring neck. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 26:249-253.
- . , ----- . , ----- . and LANGDON, P.W. 1987. Influence of *Phytophthora* root rot on mineral nutrient concentrations in avocado leaves. *Austral. J. Expt. Agric.* 27:173-177.
- WOLSTENHOLME, B.N. 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Horticulturae* 275:451-459.
- ZENTMYER, G.A. 1966. Role of amino acids in chemotaxis of zoospores of three species of *Phytophthora*. *Phytopathology* 56:907. (Abstract) .
- . 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. St. Paul, MN. American Phytopathological Society, 96p. (Monograph 10).

## ANEXO 1

Caracterización física y morfológica del perfil perteneciente a la serie "La Palma".

0 - 15 cm. Pardo oscuro (7,SYR 4/4) en húmedo; pardo pálido (10YR 5/3) en seco; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares muy finos, moderados; plástico adhesivo, muy friable, duro; sin reacción al HCL; pH 6,8; Ce 0,634 mmhoE/cm; densidad aparente 1,372 gr/cc; limite inferior abrupto lineal.

15 - 36 cm Pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; pardo pálido (10YR 5/3) en seco; textura franco arcillosa; estructura masiva, se quiebra en bloques subangulares finos, moderados, plástico; ligeramente adhesivo, friable, muy duro; sin reacción al HC1; pH 6,7; Ce 0.391 mmhos/cm; Da 1,17 g/cc; limite inferior claro lineal.

36 - 58 cm Pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo; pardo (7,5YR 5/4) en seco; textura arcillosa; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable; ligeramente duro, sin reacción al HC1; pH 6,85; Ce 0,257 mmhos/cm; Da 1,37 g/cc; límite inferior abrupto lineal.

58 - 64 cm Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo; pardo rojizo (5YR 4/4) en seco; textura arcillosa; estructura de bloques subangulares, finos, moderados; plástico, ligeramente adhesivos, friable, suave; sin reacción al HC1; pH 6,8; Ce 0,214 mmhos/cm; Da 1,43 g/cc; límite inferior abrupto lineal.

84 - 124 cm Pardo oscuro (5YR 3/3) en húmedo; textura arcillosa en matriz de grava; sin estructura.

## ANEXO 2

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

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

# ANEXO 3

Resultados del análisis de granulometría, % de humedad y densidad aparente del suelo perteneciente al Sector 16, Bloque 3 del huerto de la Estación Experimental de la U.C.V.

| Profundidad<br>(cm) | Tensión<br>(cb) | Humedad<br>(%) | Densidad<br>Aparente | Arena<br>(%) | Arcilla<br>(%) | Limo<br>(%) | Textura                      |
|---------------------|-----------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|-------------|------------------------------|
| 30                  | 0               | 55             | 2,08                 | 50,5         | 23,5           | 26          | Franco<br>Arcillo<br>Arenosa |
|                     | 5,5             | 30             |                      |              |                |             |                              |
|                     | 10              | 23             |                      |              |                |             |                              |
|                     | 15              | 18             |                      |              |                |             |                              |
|                     | 20              | 16             |                      |              |                |             |                              |
|                     | 25              | 12             |                      |              |                |             |                              |
|                     | 30              | 8,1            |                      |              |                |             |                              |
| 60                  | 0               | 48,0           | 1,69                 | 60,5         | 19,5           | 20          | Franco<br>Arenoso            |
|                     | 10              | 15,0           |                      |              |                |             |                              |
|                     | 28              | 7,0            |                      |              |                |             |                              |
|                     | 35              | 6,5            |                      |              |                |             |                              |
|                     | 40              | 5,8            |                      |              |                |             |                              |

# ANEXO 4

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

| Fuente  | pH   | CE*10 <sup>3</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Mg <sup>+</sup> | Ca <sup>+</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | CL <sup>-</sup> |
|---------|------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Pozo 1  | 6,98 | 0,47               | 0,05           | 1,11            | 2,05            | 2,84            | 0                            | 2,95                          | 2,48                         | 0,45            |
| Pozo 2  | 7,05 | 0,45               | 0,03           | 0,91            | 2,39            | 2,54            | 0,15                         | 3,03                          | 2,23                         | 0,44            |
| Tranque | 8,05 | 0,29               | 0,04           | 0,72            | 1,26            | 1,87            | 0,15                         | 2,03                          | 1,69                         | 0,30            |

## ANEXO 5

Registros de temperaturas máximas y mínimas, precipitaciones y evaporación de bandeja registrados en la Estación Experimental La Palma, Quillota, correspondientes al período enero 1993 a febrero 1994.

| MES        | TEMPERATURAS (°C) |       |              | PRECIPITACIÓN<br>(mm/mes) | EVAPORACIÓN DE<br>BANDEJA<br>(mm/mes) |
|------------|-------------------|-------|--------------|---------------------------|---------------------------------------|
|            | Máx.              | Min.  | Bajo 0<br>°C |                           |                                       |
| Febrero    | 25,27             | 13,10 |              | -                         | 131,0                                 |
| Marzo      | 22,40             | 10,78 |              | -                         | 114,3                                 |
| Abril      | 20,20             | 11,20 |              | -                         | 59,9                                  |
| Mayo       | 17,95             | 10,26 |              | 76,3                      | 29,8                                  |
| Junio      | 17,28             | 7,60  |              | 65,6                      | 19,0                                  |
| Julio      | 16,30             | 0,50  | - 4,8        | 36,8                      | 25,7                                  |
| Agosto     | 19,48             | 4,80  |              | 43,5                      | 41,1                                  |
| Septiembre | 19,10             | 5,58  |              | 56,8                      | 74,1                                  |
| Octubre    | 21,50             | 7,27  |              | -                         | 112,7                                 |
| Noviembre  | 25,20             | 7,40  |              | 7,0                       | 158,2                                 |
| Diciembre  | 25,30             | 9,70  |              | -                         | 218,4                                 |
| Enero      | 25,14             | 11,09 |              | -                         | 161,5                                 |

## ANEXO 6

Volumen de agua aportado por el tratamiento 100% de Agua, con boquillas de gasto 36 l/hr.

| Mes          | Caudal aforo emisor lado norte* | Caudal aforo emisor lado sur* | Horas de riego mensual | Volumen de riego mensual (m <sup>3</sup> /ha/mes) (Tratamiento) | Precipitaciones mensuales mm |
|--------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Feb.         | 34,8                            | 34,9                          | 70                     | 975,80                                                          | -                            |
| Mar.         | 36,0                            | 35,8                          | 83                     | 1191,88                                                         | -                            |
| Abr.         | 36,5                            | 37,0                          | 15                     | 220,50                                                          | 76,3                         |
| May.         | -                               | -                             | -                      | -                                                               | 65,6                         |
| Jun.         | -                               | -                             | -                      | -                                                               | 36,8                         |
| Jul.         | -                               | -                             | -                      | -                                                               | 43,5                         |
| Ago.         | 36,0                            | 34,8                          | 8                      | 113,28                                                          | 56,8                         |
| Sep.         | 36,6                            | 34,5                          | 15,3                   | 218,49                                                          | -                            |
| Oct.         | 36,1                            | 37,1                          | 15                     | 219,60                                                          | 7,0                          |
| Nov.         | 36,2                            | 35,8                          | 55                     | 792,00                                                          | -                            |
| Dic.         | 35,9                            | 36,5                          | 78                     | 1129,44                                                         | -                            |
| Ene.         | 36,9                            | 36,1                          | 78                     | 1138,80                                                         | -                            |
| <b>Total</b> |                                 |                               | <b>417,3</b>           | <b>6000,0</b>                                                   | <b>286,0</b>                 |

\* Datos expresados en l/hr.

## ANEXO 7

Volumen de agua aportado por el tratamiento 85% de Agua, con boquillas de gasto 30 l/hr.

| Mes          | Caudal aforo emisor lado norte* | Caudal aforo emisor lado sur* | Horas de riego mensual | Volumen de riego mensual (m <sup>3</sup> /ha/mes) (Tratamiento) | Precipitaciones mensuales mm |
|--------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Feb.         | 30,09                           | 29,98                         | 70                     | 840,98                                                          | -                            |
| Mar.         | 29,61                           | 29,48                         | 83                     | 980,88                                                          | -                            |
| Abr.         | 30,00                           | 29,00                         | 15                     | 177,00                                                          | 76,3                         |
| May.         | -                               | -                             | -                      | -                                                               | 65,6                         |
| Jun.         | -                               | -                             | -                      | -                                                               | 36,8                         |
| Jul.         | -                               | -                             | -                      | -                                                               | 43,5                         |
| Ago.         | 28,80                           | 29,33                         | 8                      | 93,00                                                           | 56,8                         |
| Sep.         | 29,10                           | 28,80                         | 15,3                   | 176,58                                                          | -                            |
| Oct.         | 29,26                           | 30,26                         | 15                     | 178,56                                                          | 7,0                          |
| Nov.         | 29,26                           | 29,56                         | 55                     | 646,54                                                          | -                            |
| Dic.         | 30,20                           | 29,73                         | 78                     | 934,90                                                          | -                            |
| Ene.         | 30,80                           | 29,53                         | 78                     | 941,14                                                          | -                            |
| <b>Total</b> |                                 |                               | <b>417,3</b>           | <b>4969,58</b>                                                  | <b>286,0</b>                 |

\* Datos expresados en l/hr.

## ANEXO 8

Volumen de agua aportado por el tratamiento 70% de Agua, con boquillas de gasto 25 l/hr.

| Mes   | Caudal aforo emisor lado norte* | Caudal aforo emisor lado sur* | Horas de riego mensual | Volumen de riego mensual (m <sup>3</sup> /ha/mes) Tratamiento | Precipitaciones mensuales mm |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Feb.  | 25,72                           | 26,05                         | 70                     | 724,78                                                        | -                            |
| Mar.  | 27,20                           | 27,03                         | 83                     | 900,22                                                        | -                            |
| Abr.  | 26,10                           | 25,80                         | 15                     | 155,70                                                        | 76,3                         |
| May.  | -                               | -                             | -                      | -                                                             | 65,6                         |
| Jun.  | -                               | -                             | -                      | -                                                             | 36,8                         |
| Jul.  | -                               | -                             | -                      | -                                                             | 43,5                         |
| Ago.  | 25,31                           | 25,84                         | 8                      | 81,84                                                         | 56,8                         |
| Sep.  | 26,53                           | 24,87                         | 15,3                   | 156,78                                                        | -                            |
| Oct.  | 25,60                           | 25,30                         | 15                     | 152,70                                                        | 7,0                          |
| Nov.  | 26,32                           | 26,00                         | 55                     | 575,10                                                        | -                            |
| Dic.  | 25,23                           | 25,80                         | 78                     | 796,06                                                        | -                            |
| Ene.  | 25,23                           | 26,13                         | 78                     | 801,22                                                        | -                            |
| Total |                                 |                               | 417,3                  | 4344,40                                                       | 286,0                        |

\* Datos expresados en l/hr.

# ANEXO 9

Valores promedios de los parámetros Longitud de brotes. Número de hojas y Longitud de hojas, según tratamientos (volumen de agua) y grados de infección.

|             | Longitud de brotes | Número de hojas | Longitud de hojas |
|-------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| <b>E1R1</b> | 9,67               | 7,1             | 12,30             |
| <b>E1R2</b> | 8,24               | 7,1             | 12,08             |
| <b>E1R3</b> | 7,54               | 6,9             | 11,11             |
| <b>E2R1</b> | 9,60               | 7,3             | 12,72             |
| <b>E2R2</b> | 9,95               | 7,7             | 12,53             |
| <b>E2R3</b> | 10,19              | 7,3             | 12,33             |
| <b>E3R1</b> | 12,46              | 7,9             | 13,21             |
| <b>E3R2</b> | 12,35              | 7,5             | 13,64             |
| <b>E3R3</b> | 11,71              | 7,8             | 12,93             |

Terminología: E1 = Enfermos; E2 = Medianamente Enfermos; E3 = Sanos;

R1 = 100% Agua; R2 = 85% Agua; R3 = 70% Agua.

## ANEXO 10

Cuadro resumen de promedios para Longitud de brote. Número de hojas y Largo de hojas, según el grado de enfermedad y tipo de riego.

| Efectos         | Longitud de brotes (cm) | Número de hojas | Longitud de hojas (cm) |
|-----------------|-------------------------|-----------------|------------------------|
| Enfermos (E1)   | 8,49                    | 7,0             | 11,83                  |
| Med.Enfer. (E2) | 9,91                    | 7,5             | 12,53                  |
| Sanos (E3)      | 12,17                   | 7,8             | 13,26                  |
| 100 % Agua (R1) | 10,58                   | 7,4             | 12,75                  |
| 85 % Agua (R2)  | 10,18                   | 7,4             | 12,75                  |
| 70 % Agua (R3)  | 9,81                    | 7,3             | 12,12                  |

# ANEXO 11

Kc para paltos propuesto por GARDIAZÁBAL (1995)\*

| Mes     | Kc   | Mes        | Kc   |
|---------|------|------------|------|
| ENERO   | 0.55 | JULIO      | 0.35 |
| FEBRERO | 0.50 | AGOSTO     | 0.40 |
| MARZO   | 0.45 | SEPTIEMBRE | 0.45 |
| ABRIL   | 0.45 | OCTUBRE    | 0.45 |
| MAYO    | 0.40 | NOVIEMBRE  | 0.50 |
| JUNIO   | 0.35 | DICIEMBRE  | 0.55 |

---

\* GARDIAZÁBAL, F. Ing.Agr. 1995. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal,