

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

LA ASFIXIA RADICULAR Y EL MANEJO DEL RIEGO EN PALTO

Raúl Ferreyra E; Gabriel Sellés V; Patricio Maldonado; José Celedón A; Cristián Barreras; Pilar Gil
Instituto de Investigaciones Agropecuarias

¿Por qué las producciones de los huertos de palto son bajas?

Los rendimientos promedio de los huertos de paltos (*Persea americana* Mill.), son bajos en comparación con otras frutas de pulpa (Wolstenholme, 1986 & 1987), debido a que para producir frutos de semilla grande y ricos en aceite, se requiere un alto costo en fotosintatos, por lo tanto las reservas del árbol deben ser compartidas por los diferentes órganos en crecimiento, privilegiándose la fruta y el desarrollo vegetativo, en desmedro del sistema radicular. Sin embargo, los rendimientos bajo condiciones ambientales favorables, se pueden mantener por sobre las 22 ton/ha (Whiley et al. 1988; Whiley et al. 1990). En Chile hay huertos que mantienen producciones estables de alrededor de 25 ton/has, no obstante el rendimiento promedio nacional de los huertos adultos es de 9 ton/has.

Una de las principales causas de estos bajos rendimientos promedio, en las plantaciones de palto en Chile, **es la asfixia radicular, debido a que los huertos están plantados en condiciones ambientales desfavorables de suelos.** Estos suelos presentan densidades aparentes alta y baja capacidad de aire (figura 1), y en muchos casos, se riegan en forma inadecuada para estas condiciones, lo cual agudiza este problema.

El palto en sus orígenes evoluciono en suelos Andisoles derivados de cenizas volcánicas, los cuales se consideran como óptimos para su crecimiento debido a las propiedades físicas que presentan (Aguilera et al. 1991), baja densidad aparente, 0,5-0,8 g/cm³, alta capacidad de aire, alrededor del 46%, alto contenido de materia orgánica y pH ácidos, entre 5 a 6

Debido a que los paltos se desarrollaron en suelos de alta capacidad de aire (andisoles) y alta pluviometría, las raíces son poco profundas (figura 2), extensamente suberizadas, con una baja conductividad hidráulica, con una menor frecuencia de pelos radicales, muy sensibles a la falta de oxígeno y con una captación de agua relativamente pobre. Por lo cual, cortos períodos deficientes en oxígeno, normalmente derivan en la inhibición de la expansión de las hojas, una reducción en el crecimiento de la raíz y de los brotes, en necrosis de la raíz y de una moderada a severa abscisión de hojas (Stolzy et al., 1967; Schaffer et al., 1992).

El palto presenta problemas para su desarrollo en suelos con baja capacidad de aire en el suelo. Ferreyra et. al. (2006) indica que el palto comienza a presentar síntomas de asfixia radicular con niveles de aire en el suelo de 17% y presenta un buen desarrollo con niveles cercanos al 30%

Nota: Capacidad de aire = corresponde a volumen de aire presente en el suelo a capacidad de campo

Parte de la información presentada en este artículo corresponde a trabajos financiados con fondos INNOVA - FDI

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

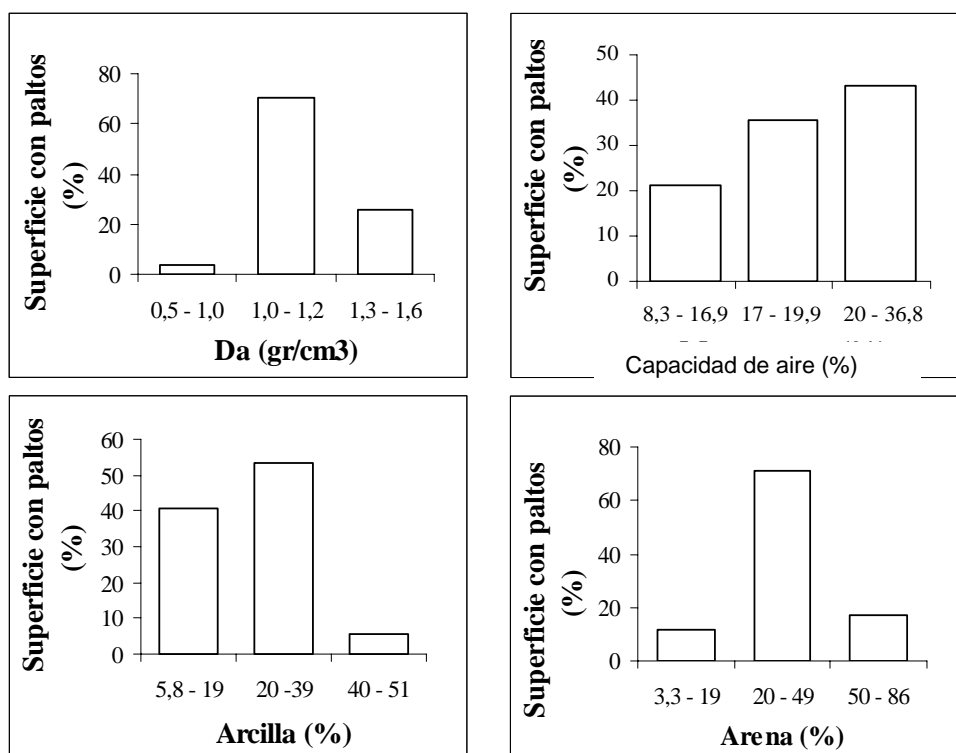


Figura 1: Distribución porcentual según rangos de las principales propiedades físicas de los suelos plantados con palto en la V Región de Chile. (Ferreyra et al 2006 Informe Proyecto Innova – FDI)



Palto creciendo con 29% de aire en el suelo
 Capacidad de aire del suelo 29,87% (suelo Arenoso)



Paltos creciendo con 7% de aire en el suelo
 Capacidad de aire del suelo 14,08% (suelo Franco limoso)

Estos antecedentes han sido comprobados mediante observaciones de campo. En predios con capacidad de aire del 27% no se presentan plantas con asfixia radicular, sin embargo en huertos plantados en suelos con capacidad de aire cercanas al 12% es común encontrar plantas con este problema.

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006



Palto creciendo en suelo con
Capacidad de aire 27% (suelo Franco Arenoso)
Sin Asfixia, rendimiento medio 25 ton/ha



Paltos creciendo en suelos con
Capacidad de aire del 12% (suelo Franco Arcilloso)
Con Asfixia, rendimiento medio 8 ton/ha

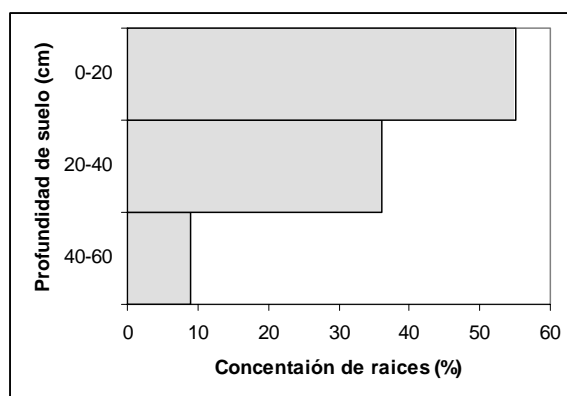


Figura 2 Distribución en profundidad del sistema radicular en Palto en un suelo Franco de la Comuna de Nogales. Ferreyra et al 2004 proyecto FDI

Otros factores de estrés que inciden en la baja productividad del palto, son el añerismo, la salinidad, la fertilidad, el emboscamiento, etc., pero sin duda, el mal manejo del riego en suelos que presentan **condiciones ambientales desfavorables** es el factor que más condiciona la productividad de este cultivo.

¿Cómo afecta la falta de aire en el suelo al desarrollo del palto?

La falta de oxígeno en el suelo induce a trastornos fisiológicos múltiples en las plantas. Se produce cierre de estomas, y un menor crecimiento de las raíces (Lafitte 2001), y como consecuencia se inhibe la fotosíntesis y el transporte de hidratos de carbono (Kozlowski 1997). También se disminuye la absorción de macronutrientes, debido a la mortalidad de la raíz, a la pérdida de micorrizas, y a la supresión del metabolismo de la raíz (Kozlowski 1997). En estas condiciones se ha encontrado una alteración del equilibrio hormonal en las plantas, normalmente aumentando la proporción de etileno (Kozlowski 1997), dañando directamente al sistema radical debido a la acumulación de éste y otros productos tóxicos originados por la respiración anaeróbica. También hay acumulación de ácido abscísico y auxinas y, reducción de los niveles de citoquininas y ácido giberélico (Lafitte 2001).

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

El exceso de humedad en el suelo agota el oxígeno (O_2) y aumenta el dióxido de carbono (CO_2), induciendo descomposición anaeróbica de materia orgánica, y reduciendo hierro y manganeso (Kozłowski 1997). Suelos bien drenados y con un contenido de 15% de oxígeno y 0.03% de dióxido de carbono, permiten el crecimiento adecuado de este cultivo (Menge, y Marais 2000).

Los suelos con capacidad de aire alta presentan un mayor contenido de O_2 y menor de CO_2 . En la figura 3 se puede observar que el porcentaje de O_2 en suelos con capacidad de aire de 29,87% (T1), regadas en forma frecuente (6 pulsos al día), es del orden del 20%. En cambio en los suelos con capacidad de aire del 14,08%, también regadas en forma frecuente (6 pulsos al día) este valor es inferior al 10%. Estudios realizados por Valoras (1964), señalan que plantas que crecen con niveles menores al 1% de oxígeno se marchitan y mueren; con un nivel del 5% de O_2 las plantas no mueren, pero presentan quemadura en la punta de las hojas.



Planta sin hojas quemada

Foto: Planta con asfixia radicular

Suelo con capacidad de aire del 12%.

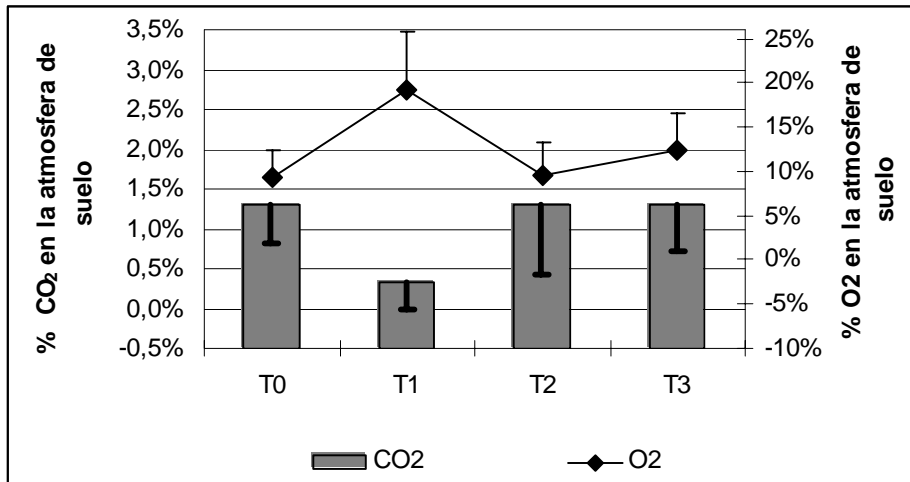
Puntas quemadas.

Al cambiar el régimen de riego y aumentar el volumen de aire y recuperar el sistema radicular el daño desaparece, como se observa en la planta del fondo de la foto.

Las plantas que disponen entre 10% y 21% de O_2 presentan un rápido crecimiento. Esto también fue comprobado por Stolzy et al., (1967) quien indica que niveles menores a un 5% de O_2 en el suelo puede dañar y dar muerte a la raíz del palto.

Estudios realizados por Stolzy et al. (1967) informan que plantas de palto de variedad Mexicola, que crecen en suelos con una tasa de difusión de oxígeno menor a $0.17 \mu g \cdot cm^{-2} / min$ tenían entre un 44% a un 100% de sus sistemas radiculares dañados. Por otra parte, se ha demostrado que las raíces de ciertas variedades de palto, como son Scott, Duque, y Topa Topa, no crecen cuando la tasa de difusión de oxígeno es menor a $0.20 \mu g \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$ (Valoras et al. 1964).

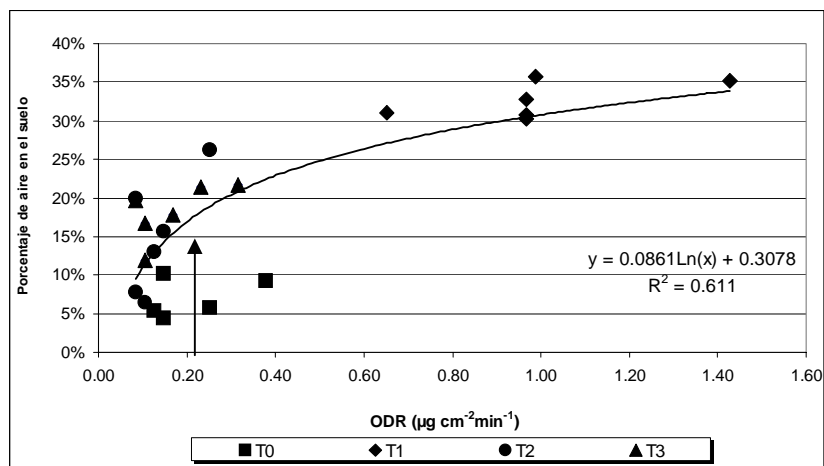
**Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006**



T0= Franco; T1= Arenoso; T2= Franco arenoso; T3= Franco arcilloso. Líneas verticales muestran la desviación estándar.

Figura 3 Contenido de O₂ y CO₂ en suelo de textura arenosa (a), franco arcillosa (FA) y franco arenosa (Fa) manejados con riego frecuentes. Fuente: Ferreyra et al 2005 datos no publicados proyecto FDI.

Suelos de textura franca, manejados con riegos frecuentes (pulsos) y altos contenidos de agua en el perfil del suelo, pueden presentar difusiones de oxígeno bajo este límite (figura 4). Ferreyra et. al. 2006, se observa que en suelos arenosos (T1) la tasa la difusión de oxígeno (ODR) fue superior, en más de un 80 %, al compararlas con suelos francos (T0, T2 y T3) (Figura 4), los que presentaron valores inferiores a $0,2 \mu\text{g cm}^{-2} \text{min}^{-1}$. En la figura 4 se puede apreciar que valores de ODR de $0.20 \mu\text{g/cm}^2/\text{min}$ se obtienen cuando el volumen de aire en el suelo (Ea) es del orden del 17%.



T0= Franco; T1= Arenoso; T2= Franco arenoso; T3= Franco arcilloso.

Figura 4. Relación entre la difusión de Oxígeno (ODR) y el volumen de aire del suelo (Ea) en suelos manejados con riego frecuente y altos contenidos de humedad. a : suelo arena, Fa : suelo franco arenoso, F: suelo franco arcilloso. Fuente: Ferreyra et al 2006.

**Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006**

En resumen, las raíces para crecer necesitan un volumen de aire en el suelo superior al 17%, siendo lo óptimo valores cercanos al 30%.

¿Que síntomas presentan la plantas con asfixia radicular?

Al tener baja volumen de aire en el suelo se comienza a deteriorar el sistema radicular para posteriormente afectarse la parte aérea. Cortos períodos deficientes en oxígeno, normalmente derivan en reducción en el crecimiento y/o muerte del sistema radicular. Lo cual incide en el crecimiento de los brotes; en inhibición de la expansión de las hojas; en una moderada a severa abscisión de hojas (Stolzy et al., 1967; Schaffer et al., 1992) y en quemadura en la punta de las hojas (Valoras 1964).

Los síntomas varían dependiendo del contenido de aire del suelo. A continuación se muestran síntomas que presentan los árboles con asfixia radicular

Árbol normal



Árbol con crecimiento normal

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

Árboles con síntomas de asfixia



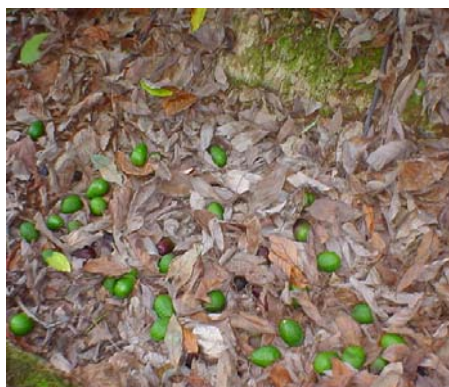
Pocas raíces y de mala calidad



Árboles con hoja inclinadas al suelo, y angosta



Caída de hoja abundante durante la floración



Caída de fruta abundante a fines de primavera y/o finales de verano



Desfoliación de brotes de la temporada;
golpe de sol en la fruta; Hojas angostas



Árbol desfoliado con exceso de floración
Árboles desfoliados en la zona de mayor
acumulación de agua. Ejemplo final líneas de riego

**Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006**



Árboles desfoliados, fruta bajo calibre
Color follaje verde amarillento, hojas angosta



Árboles con puntas quemadas, en condiciones de baja salinidad

Efecto de la asfixia radicular en la floración



Floración en plantas con asfixia
Floración muy abundante, pedúnculos cortos



Floración normal



Floración en plantas con asfixia
Mucho aborto floral



Floración normal

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

¿Cuáles son las causas de una baja aireación en el suelo?

Una baja aireación en el suelo en un huerto de palto, puede deberse a razones de distinta índole, siendo las principales las siguientes:

- No se respetaron los drenajes naturales de agua de lluvia en el predio, debido a lo cual el agua de invierno es evacuada lentamente desde el huerto, presentándose sectores con asfixia radicular.
- Manejo del riego con contenidos de humedad alto en suelo, en huertos con baja capacidad de aire.
- Aplicación de cargas de aguas excesivas en suelos con restricciones de drenaje en profundidad.
- Baja uniformidad de descarga entre emisores. Un equipo con baja uniformidad entrega caudales variable entre plantas, encontrándose situaciones, donde las cantidades de agua aplicada a una planta, difiere en más de 2 a 3 veces a la de otra del mismo sector de riego. La baja uniformidad de los emisores es producto de la obturación de los emisores; sector de riego con diferentes de emisores; pérdidas de la goma, en microaspersores autocompensado, que regula el caudal y/o válvulas de compuerta descalibrada, entre otras.
- Sobre riego de los sectores bajo, debido descarga del agua de la red de riego, luego de detener el equipo.
- Distribución inadecuada del agua en el suelo debido a: bajo porcentaje de suelo mojado por el emisor; a utilización de un modelo de microaspersor muy desuniforme en cuando a su forma de mojamiento y/o interferencia del agua del microaspersor por las ramas del palto (faldas), entre otros.
- Sectores de riego con diferentes tipos de suelo en cuanto a textura y profundidad.

Generalmente más de una de estas causas pueden estar presente en los huertos que tienen plantas con algún grado de asfixia radicular.

¿Cómo evitar la asfixia radicular en los huertos de paltos?

Para enfrentar los problemas de asfixia radicular es necesario determinar en los huertos las causas de la baja aireación en el suelo, para luego ver si es necesario y posible, adecuar los equipos de riego y aplicar estrategias de manejo del agua de riego que permitan optimizar la relación agua - aire en la zona de raíces. Otra forma de enfrentar la asfixia radicular es utilizando patrones tolerantes a falta de aire en el suelo. Sin embargo no se dispone de información que indique como responden los diferentes patrones existentes ante este problema ya que en la mayoría de los casos han sido evaluados considerando otros aspectos como la resistencia a phytophthora y salinidad.

Adecuación de los equipos de riego

La adecuación de los equipos de riego se refiere a mejorar la uniformidad de la descarga entre emisores si el coeficiente de uniformidad está bajo el 80%, cambiar la boquilla de los microaspersores si el mojamiento del suelo es muy desuniforme, poner válvulas antidrenante (TNL) si las descargas de la red de riego, cuando los equipos han dejado de funcionar, está dañando las plantas de los sectores bajos y re-sectorizar la unidad de riego si esta presenta suelo muy diferentes, en cuanto a textura y profundidad.

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

Estrategias de manejo del agua de riego

Para tener un adecuado desarrollo de la parte aérea y radicular del palto es necesario evitar que las plantas estén sometidas a falta de agua o de oxígeno. Esta idea que parece tan sencilla es compleja de implementar en suelos de textura fina, ya que cada vez que regamos, aumentamos el contenido de agua y disminuimos la aireación en forma importante. Esto nos obliga a ser muy precisos en la aplicación del agua de riego, para evitar déficit o exceso de humedad.

Por lo indicado anteriormente debemos conocer, lo más exacto posible, la **cantidad de agua** que se debe aplicar al cultivo, ya que si se aplica agua en exceso, en suelos de baja capacidad de aire, es muy posible que afectemos el crecimiento aéreo y radicular del palto. A continuación en el cuadro 1 a manera de ejemplo se presenta una estimación de los volúmenes de agua a aplicar en la zona de Quillota – La Ligua, para árboles adulto, en un año promedio de evapotranspiración de referencia (Eto).

Cuadro 1. Volúmenes de agua a aplicar en la zona de Quillota en paltos adultos.

Meses	Eto mm/día	Kc	Etc mm/día	DB l/m2/día	6 x 4 l/planta/día	6 x 6 l/planta/día
Ene	5,7	0,75	4,3	5,0	120,7	181,1
Feb	5,9	0,75	4,4	5,2	124,9	187,4
Mar	4,6	0,75	3,5	4,1	97,4	146,1
Abr	3,3	0,75	2,5	2,9	69,9	104,8
May	2,1	0,75	1,6	1,9	44,5	66,7
Jun	1,1	0,65	0,7	0,8	20,2	30,3
Jul	0,8	0,65	0,5	0,6	14,7	22,0
Ago	1,1	0,65	0,7	0,8	20,2	30,3
Sep	2,1	0,65	1,4	1,6	38,5	57,8
Oct	3,3	0,65	2,1	2,5	60,6	90,8
Nov	4,6	0,75	3,5	4,1	97,4	146,1
Dic	5,5	0,75	4,1	4,9	116,5	174,7
Total				10318,2	m3/ha/año	

Etc = Evapotranspiración del cultivo = Eto x Kc; Kc = Coeficiente de cultivo; DB Demanda bruta = Etc/efa; Efa = eficiencia de aplicación (goteo = 0,9; Microaspersión = 0,85).

Los valores de coeficientes de cultivo (Kc), que permiten estimar los requerimientos hídricos, han sido determinar en condición de manejo que pueden diferir del huerto donde se estén utilizando, ya que la magnitud de este factor depende principalmente del área de cobertura (marco de plantación). Debido a esto es necesario disponer de elementos que permitan controlar si las cantidades de agua que estamos aplicando son las correctas, ajustando los coeficientes de cultivo a las condiciones del predio. Para realizar este control se pueden utilizar calicatas acompañadas de mediciones de FDR, tensiómetros, dendrómetros y/o cámara de presión. Es necesario indicar que el éxito en el uso de controladores pasa por disponer de personal capacitado en su uso e interpretación, ya que de no ser así su uso puede ser hasta perjudicial.

La cantidad de agua a aplicar, en plantas nuevas, se puede estimar a partir de la demanda bruta (DB l/m2/día) multiplicada por el área de cubrimiento (m2). Por ejemplo una planta

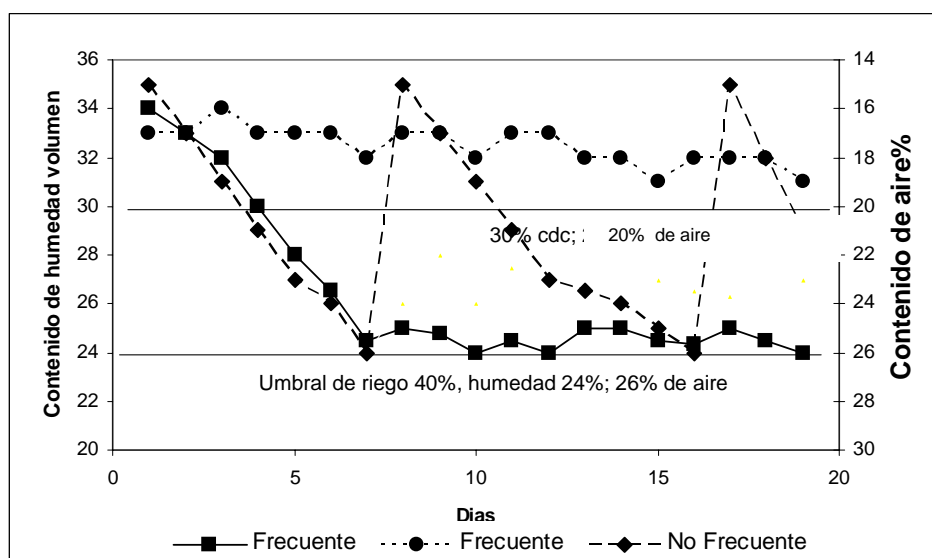
Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del paltó
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

de un año, cuya parte aérea cubre 1 m² de suelo, en la zona de Quillota, en el mes de enero (5 l/m²/día), sus requerimiento serian de aproximadamente 5 litros por planta al día.

En lo referente al manejo de riego, también debemos preocuparnos del **momento en que debemos reponer el agua**. En la actualidad hay dos tendencias en lo referido a la forma en que reponemos los requerimientos hídricos en los huertos de paltos: riego por pulso y riego de baja frecuencia.

En el **riego por pulso** o de alta frecuencia los requerimientos hídricos diarios son aplicados en forma parcializada durante el día. En este tipo de manejo los requerimientos hídricos diarios son divididos y aplicado en 4 a 12 riegos diarios.

En la figura 5 se presentan tres forma de aplicar el agua en un riego con diferentes efectos sobre la aireación del suelo.



Porosidad Total = 50%

Figura 5. Efecto del manejo de alta (frecuente) y baja frecuencia (no frecuente) en la aireación del suelo

El riego por pulso se puede iniciar con diferentes contenidos de humedad en el suelo como se muestra en la figura 5 (línea de cuadrados y círculos), para luego reponer diariamente, dividido en varios eventos, la evapotranspiración diaria del cultivo. En la figura 5 se observa, que en un suelo franco con una capacidad de aire del 20%, si se comienza a regar cuando el suelo tiene un contenido de humedad alta, sobre capacidad de campo (línea de círculos) mantenemos un espacio de aire en el suelo inferior al 17%. Sin embargo si comenzamos a reponer el riego cuando el suelo presenta valores de humedad bajo capacidad de campo (línea de cuadrados), cuando se ha agotado entre un 30 a 40% de la humedad aprovechable, logramos en el suelo contenidos de aire cercanos al 25% (figura 5). Por lo tanto, cuando utilizamos la estrategia de riego por pulso, es fundamental definir adecuadamente el momento de inicio del riego de manera de tener en el suelo un adecuado contenido de aire y agua. Es necesario indicar que manejar el riego de esta forma requiere

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

de un estricto control de la humedad en el suelo y en la planta ya que podemos afectar la disponibilidad de agua de las plantas.

Otra forma de reponer el agua optimizando la relación agua aire en el suelo es a través de riegos de baja frecuencia, que consiste en regar cuando se ha agotado alrededor de un 40% la humedad aprovechable del suelo, nivel que no afecta el crecimiento del cultivo, aumentando con esto la cantidad y difusión de oxígeno en el suelo ya que la evapotranspiración, al desalojar agua que permanece en los poros que no se han drenado, favorece la aireación del medio radical.

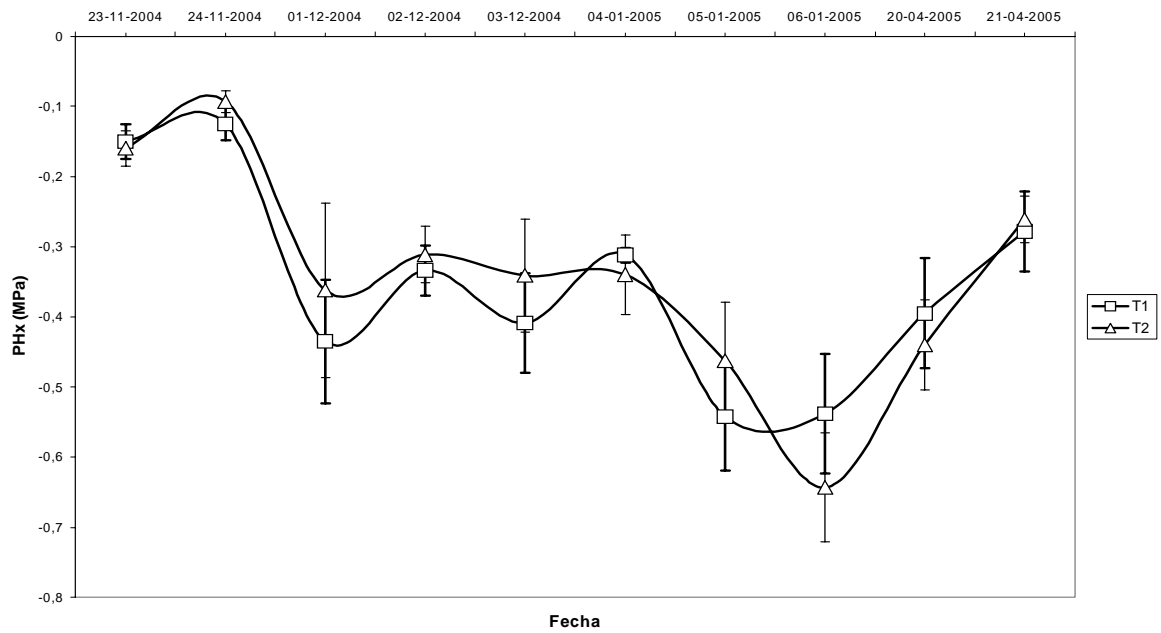
(figura 5 línea con rombo). La cantidad de agua aplicada en cada riego corresponde a la demanda hídrica diaria acumulada entre riego, de esta forma la cantidad de agua aplicada en riego de baja frecuencia es la misma que en pulso.

Esta técnica es más simple y segura de implementar a nivel de campo que el riego por pulsos y además permite un mejor lavado de sales.

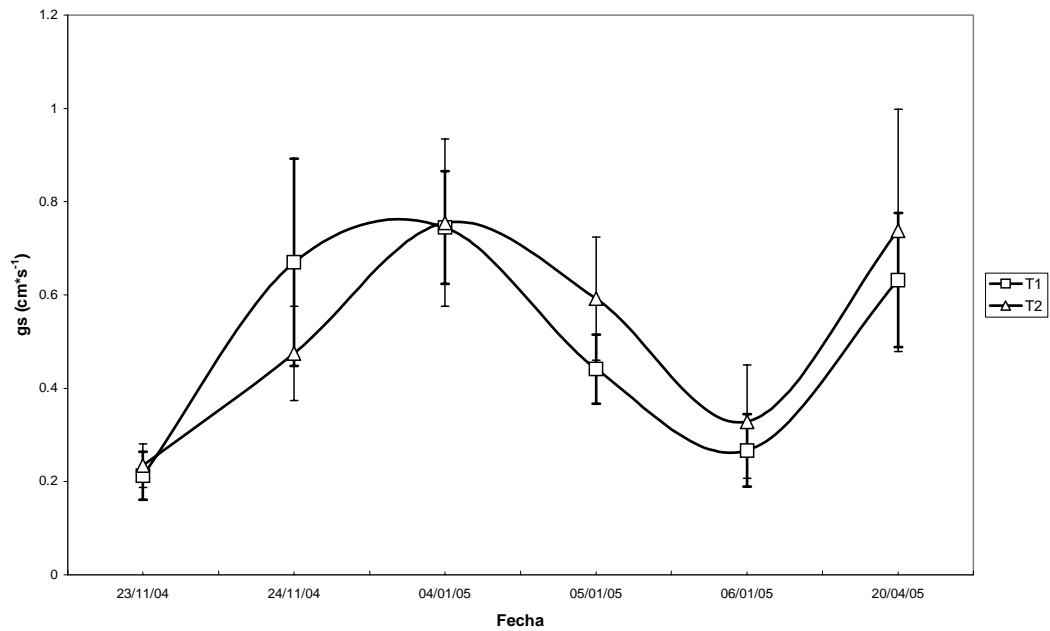
A continuación se presentan resultados de experiencias que muestran el efecto que tiene disminuir el contenido de humedad del suelo sobre el estado hídrico (potencial hídrico xilemático, conductancia estomática); rendimiento y tamaño de la fruta del palto. En la figura 6a, 6b y 6c se presenta resultado de un ensayo en un suelo franco arcilloso donde las plantas se regaron con dos frecuencias o umbrales de riego diferente, concluyéndose que no hay diferencia entre regar diario o cuando se ha agotado el 20% de la humedad aprovechable del suelo (en verano riego cada dos día en este suelo) (Ferreyra et al 2005).

En la Figura 7a, 7b y 7c se presentan resultados de un experimento realizado en un suelo franco arenoso, con alta aireación (27% de capacidad de aire) donde las plantas fueron regadas con tres frecuencias de riego, concluyéndose que disminuciones de 60% de la humedad aprovechable antes de volver a regar no afectan el estado hídrico, rendimiento y calibre de la fruta. En la figura 8 se presenta el efecto que tiene dejar de regar plantas de paltos en verano durante 13 días sobre el estado hídrico del palto, esta experiencia se realizó en un suelo franco arcilloso, de la localidad de San Pedro. En este trabajo se observó que después de 5 días de dejar de regar las plantas, cuando se había agotado aproximadamente el 30% de la humedad aprovechable del suelo, estas comenzaron a presentar diferencias en su estado hídrico, con respecto a las que se siguieron recibiendo agua. Sin embargo es necesario indicar, que en ese momento, las magnitudes de parámetros medidos no señalaban que las plantas estuvieran sometidas a estrés hídrico. (Ferreyra et al 2006)

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006



T1 = 10% de agotamiento de la HA (riego diario en verano); T2 = 20% de agotamiento de la HA (Riego cada dos días en verano)
 PHx potencial hídrico xilemático

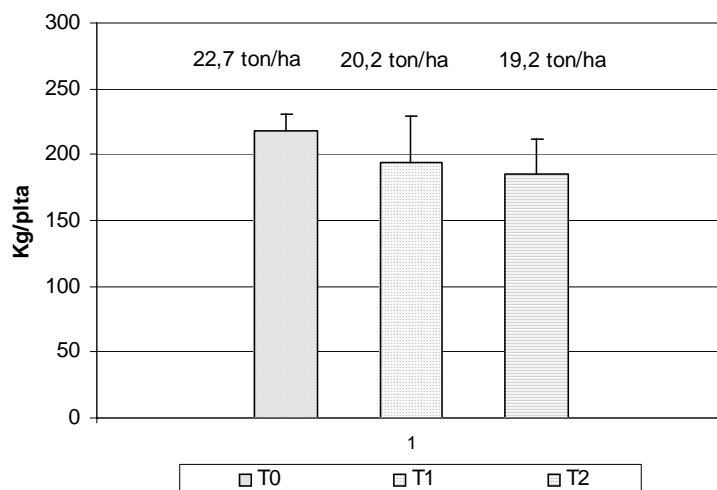


T1 = 10% de agotamiento de la HA (riego diario en verano); T2 = 20% de agotamiento de la HA (Riego cada dos días en verano)
 gs = conductancia estomática

Figura 6a. Efecto del agotamiento de la humedad aprovechable (HA) antes de volver a regar en el estado hídrico del palto Temporada 2004-2005 Nogales. Ferreyra et al 2005

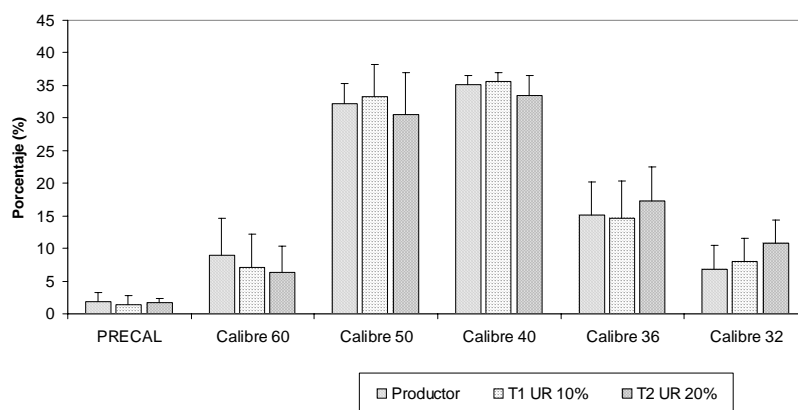
Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

Rendimiento Acumulado años 2003, 2004 y 2005



T1= 10% de agotamiento de la HA (riego diario en verano); T2 = 20% de agotamiento de la HA (Riego cada dos días en verano); T0 = riego predio
 El valor de cada tratamiento corresponde al promedio de 3 repeticiones de 16 plantas cada una.

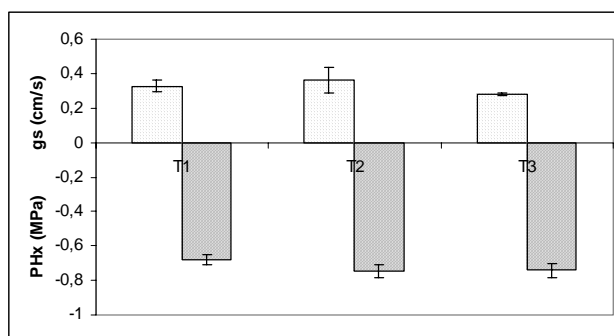
Figura 6b. Efecto del agotamiento de la humedad aprovechable (HA) antes de volver a regar en el rendimiento acumulado del palto Temporada 2003, 2004 y 2005 Nogales. Ferreyra et al 2005



T1= 10% de agotamiento de la HA (riego diario en verano); T2 = 20% de agotamiento de la HA (Riego cada dos días en verano); T0 = riego predio

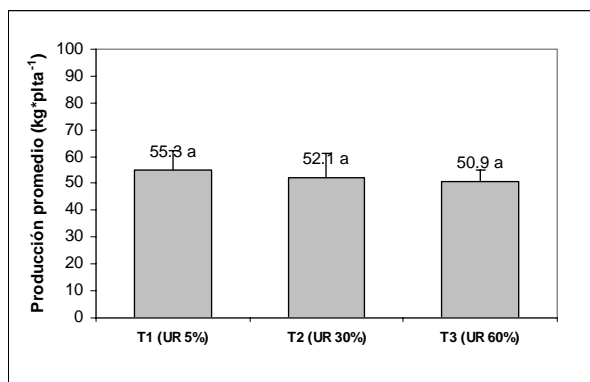
Figura 6c. Efecto del agotamiento de la humedad aprovechable (HA) antes de volver a regar en el rendimiento acumulado del palto Temporada 2005 Nogales. Ferreyra et al 2005

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006



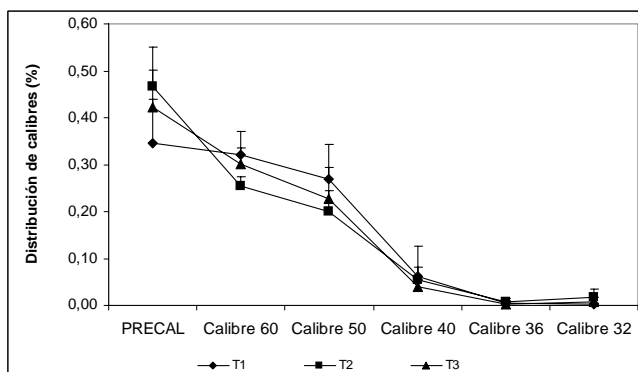
T1 = 5% de agotamiento de la HA (riego pulso); T2 = 30% de agotamiento de la HA y T3 = 60% de agotamiento de la HA; PHx = potencial hídrico xilemático; gs = conductancia estomática

Figura 7a. Efecto del agotamiento de la humedad aprovechable (HA) antes de volver a regar en el estado hídrico del palto eneros 2006 Panquehue. Ferreyra et al 2006



T1 = 5% de agotamiento de la HA (riego pulso); T2 = 30% de agotamiento de la HA y T3 = 60% de agotamiento de la HA

Figura 7b. Efecto del agotamiento de la humedad aprovechable (HA) antes de volver a regar en el rendimiento del palto Temporada 2005 Panquehue. Ferreyra et al 2005 El valor de cada tratamiento corresponde al promedio de 3 repeticiones de 16 plantas caca una.



T1 = 5% de agotamiento de la HA (riego pulso); T2 = 30% de agotamiento de la HA y T3 = 60% de agotamiento de la HA

Figura 7c. Efecto del agotamiento de la humedad aprovechable (HA) antes de volver a regar en el calibre del palto temporada 2005 Panquehue. Ferreyra et al 2005

**Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006**

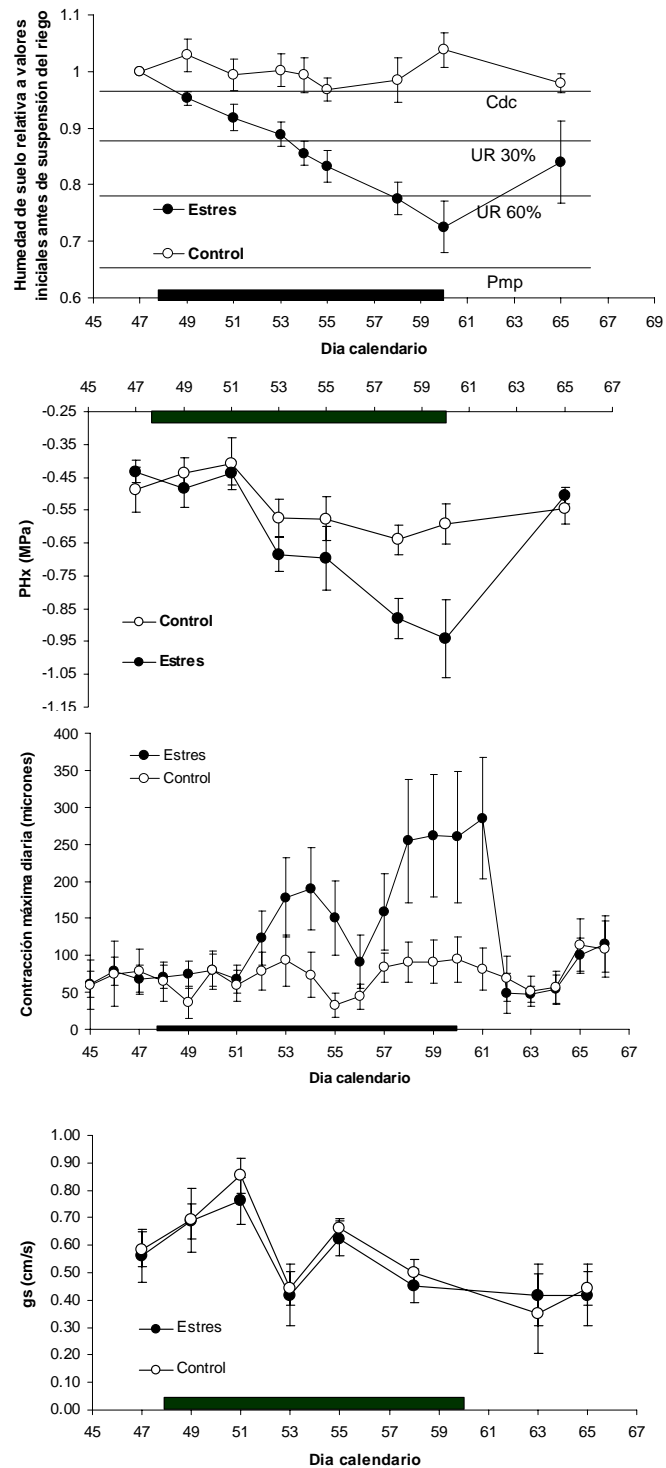


Figura 8. Efecto del agotamiento de la humedad aprovechable (HA) antes de volver a regar en el potencial hídrico xilemático (PHx), en la contracción máxima diaria del tronco y en la conductancia estomática (gs) del palto febrero 2006 San Pedro. Ferreyra et al 2006

**Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006**

Para implementar el riego de baja frecuencia es necesario conocer las constantes hídricas del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente) además de la profundidad radicular efectiva. En la cuadro 2 se presenta, para diferentes texturas, el agua disponible en milímetros, almacenada en el suelo, si se vuelve a regar cuando se espera agotar un 40% de la humedad aprovechable, que, como se mostró anteriormente, no afectaría el crecimiento del palto.

Cuadro 2 Agua disponible en suelos de diferentes texturas, en huertos con profundidad radicular efectiva (pef) de 50 cm, si se pretende agotar el 40% de la humedad aprovechable antes de regar y los emisores mojan (psm) un 70% del suelo.

Textura	Da	cdc	pmp	Ha
	g/cc	% base peso	% base peso	mm
Arenoso	1,65	9	5	9
Franco Arenoso	1,50	14	8	13
Franco	1,40	22	12	20
Franco Arcilloso	1,35	27	14	25
Arcillo Arenoso	1,30	31	16	27
Arcilloso	1,25	35	18	30

Da = densidad aparente; cdc = capacidad de campo; pmp = punto de marchitez permanente; Ha = Agua disponible en el suelo; $Ha = ((cdc - pmp) / 100 \times da \times Ur \times pef \times psm) \times 10$; psm = porcentaje de suelo mojado

A modo de ejemplo en un suelo franco el agua disponible, en las condiciones antes descrita, es 20 mm por lo cual si la evapotranspiración del cultivo (Etc) es 5 mm/día se podría regar como máximo en ese suelo cada 4 días. Por lo indicado anteriormente la frecuencia entre riego depende del tipo de suelo y de la demanda hídrica del cultivo que varía durante la temporada.

¿En que periodo fenológico un inadecuado manejo del riego puede tener mayor incidencia en la asfixia radicular?

En la zona de Quillota, el desarrollo vegetativo para el palto, *Persea americana* Mill, registra dos períodos de crecimiento claramente definidos, uno en primavera y otros en verano – otoño siendo el primero de mayor intensidad. El comienzo del primero se produce cuando en el árbol existe un máximo de reservas de carbohidratos y su inicio estaría condicionado por el alza de temperaturas ambientales, mientras que su detención se relaciona con la necesidad del árbol de alcanzar un equilibrio en la relación raíz/brote. El segundo período de crecimiento vegetativo se inicia cuando el volumen de raíces es tal que permita sustentarlo y su menor intensidad con respecto al crecimiento de primavera se asocia a una disminución de los carbohidratos de reserva producto del desgaste que provocan los eventos de floración, cuaja, crecimientos de raíces y vegetativo

El periodo más crítico, para el desarrollo del palto es durante la primavera e inicio de verano. Durante este periodo se desarrolla el sistema radicular (figura 9), crece la parte vegetativa (figura 9, 11 y 12), se definen el número de células en el fruto, del cual depende el calibre potencial a obtener (figura 10), se producen los mayores requerimientos zinc,

Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006

boro y calcio, los cual se puede suplir adecuadamente siempre que el sistema radicular este creciendo. Exceso de agua durante este periodo, en suelos de baja aireación afectarían el desarrollo radicular, lo cual produce disminución de crecimiento y muerte de raíces (asfixia), limitando la absorción de agua y nutrientes, lo que afecta la cuaja, reduce el tamaño de los frutos y puede aumentar el numero de frutos con desordenes internos, como pardeamiento de pulpa y bronceado vascular.

Tener excesos de humedad en el suelo en primavera es fácil, ya que las demanda son bajas entre 1,0 a 3,0 mm/días. Por lo cual error en la determinación de la demanda en este periodo de 1 mm/día, puede producir serios problemas de aireación en suelo pesados o mal estructurado con baja capacidad de aire.

En la figura 9 se presenta el desarrollo del palto Hass en la zona de Quillota, donde se aprecia en triangulo los periodos críticos, siendo el mas importante el de primavera.

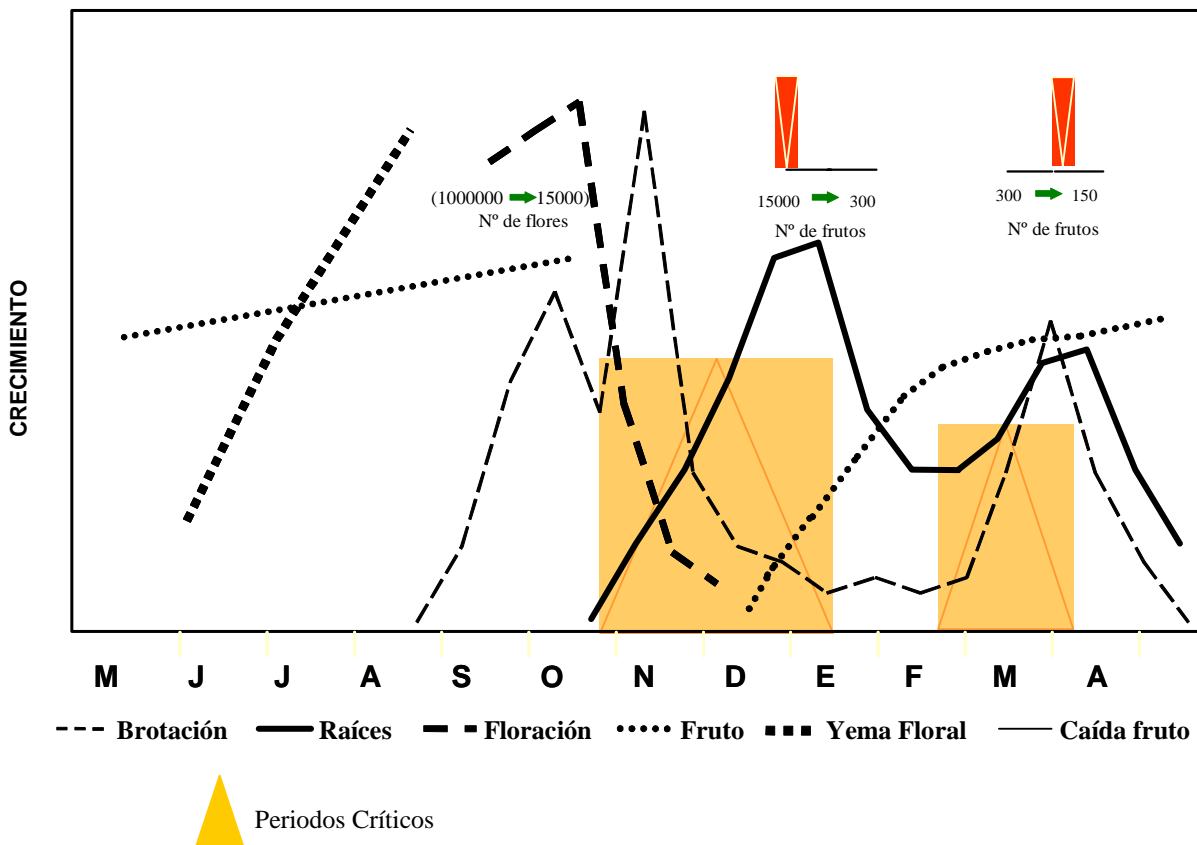


Figura 9 Periodos fenologicos del palto Hass en Quillota. Adaptado de Hernández, F. 1991

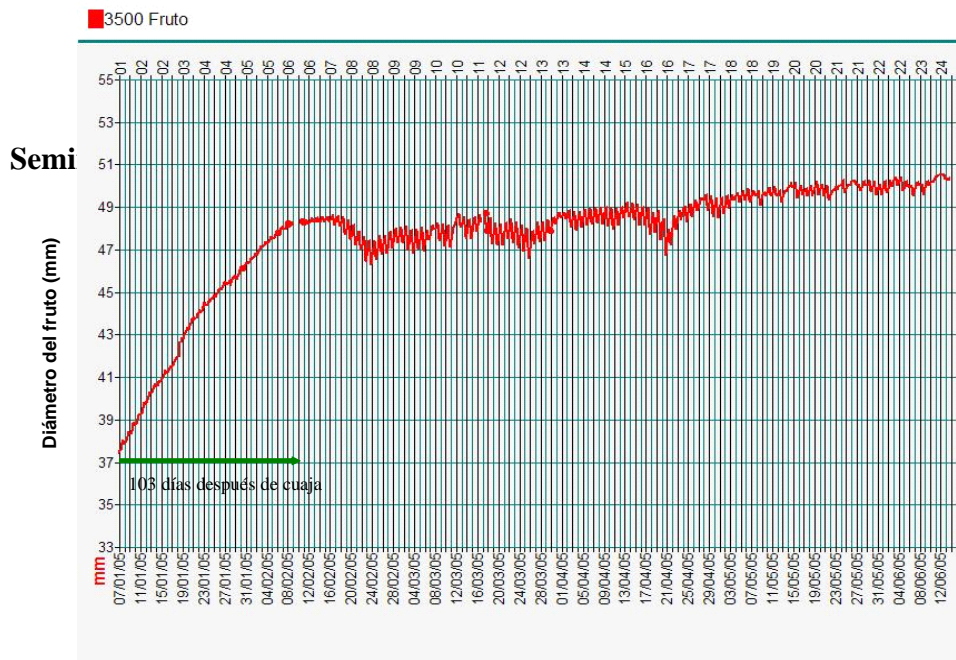


Figura 10. Crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto, en Panquehue temporada 2005, medido con dendrómetro (Ferreya et al 2005)

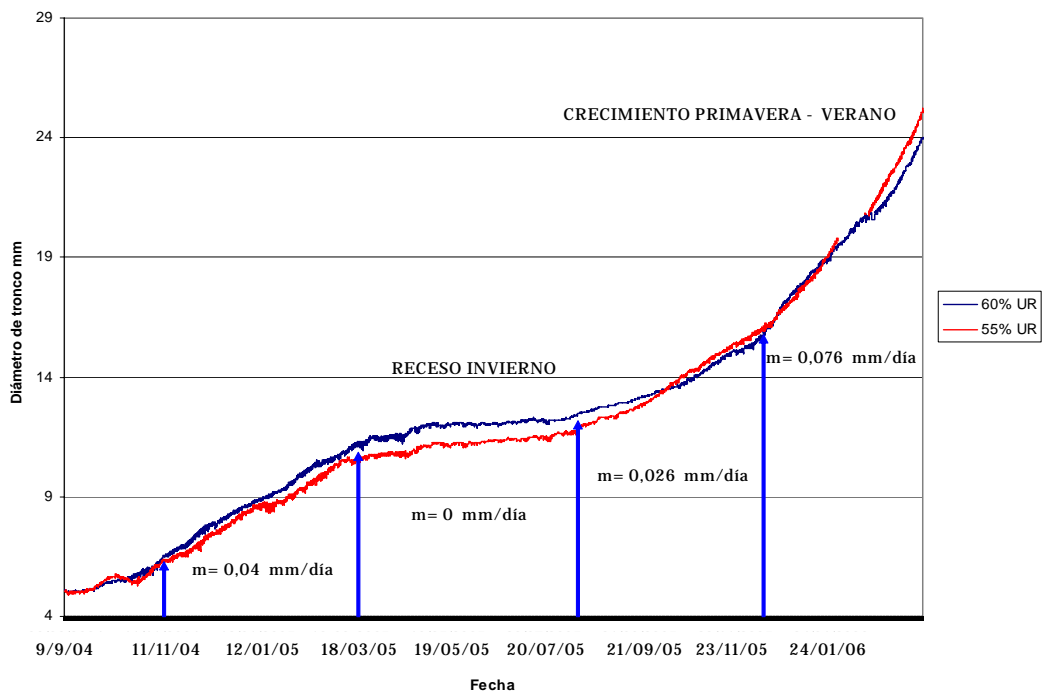
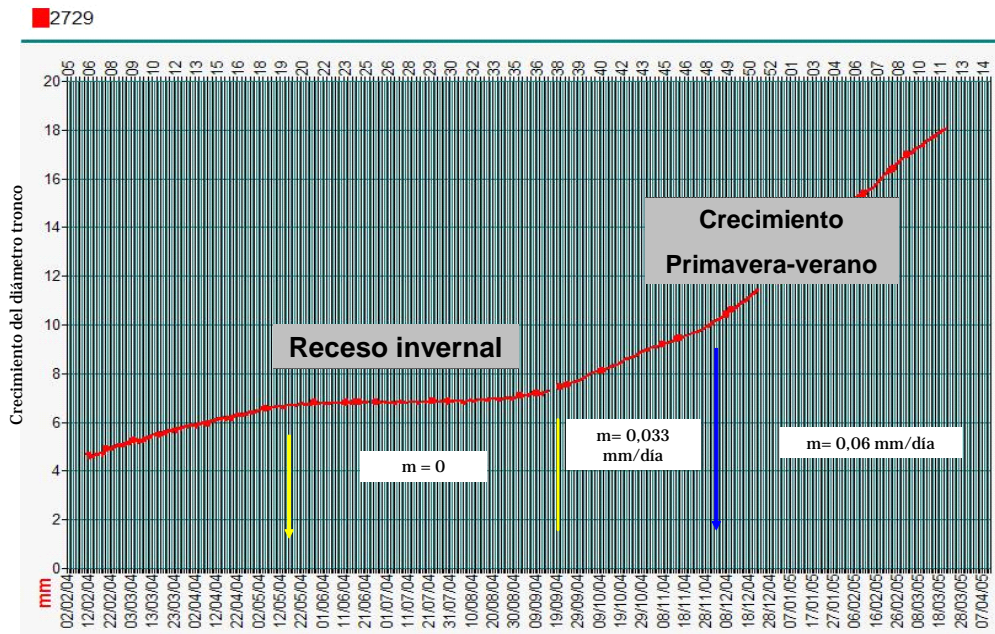


Figura 11. Crecimiento del diámetro del tronco en palto Hass en Panquehue, temporada 2004 - 2006, medido con dendrómetro con dos umbrales de riego (UR) (Ferreya et al 2006) m = crecimiento diario del tronco



**Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006**

Figura 12. Crecimiento del diámetro del tronco en palto Hass en Nogales, temporada 2004 - 2005, medido con dendrómetro (Ferreyra et al 2005) m = crecimiento diario del tronco

Literatura citada

Ferreyra, R., Maldonado, P. Celedón J, Barrera C, y Gil P 2006. Informe proyecto Aumento de la productividad del palto a través del mejoramiento de las practicas de riego y aireación del suelo en la zona central del país. Innova – FDI.

Ferreyra, R., Maldonado, P. Celedón J, Barrera C, y Gil P 2005. Informe proyecto Aumento de la productividad del palto a través del mejoramiento de las practicas de riego y aireación del suelo en la zona central del país. Innova – FDI.

Kozlowski, T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology Monograph N° 1. Consultado 10 de enero 2005. Disponible en: <http://www.heronpublishing.com/tp/monograph/kozlowski.pdf>

Lafitte, H. 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Inundación. Consultado 4 de marzo 2005. Disponible en línea: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/X7650S/x7650s12.htm

Menge, J y Marais, L. 2000. Soil Environmental Factors and Their Relationship to Avocado Root Rot. University of California . California, EEUU. Consultado 20 junio 2004. Disponible en: <http://www.citrusresearch.com/documents/58b2544d-bd10-494d-a69d-ba0591ad05f0.pdf>

Schaffer, B; Andersen, P; Ploetz, R. 1992. Responses of fruit trees to flooding. Horticultural Reviews. 13, 257–313.

Schaffer, B; Andersen, P; Ploetz, R. 1992. Responses of fruit trees to flooding. Horticultural Reviews. 13, 257–313.

Stolzy, L.; Zentmyer, G.; Klotz A. ;Labanauskas C.1967. Oxygen diffusion, water, and Phytophthora cinnamomi in root decay and nutrition of avocados. American Society for Horticultural Science. 90:67-76.

Valoras, N. Letey, J., Stolzy, l., Frolich F. 1964. The Oxygen Requirements for Root Growth of Three Avocado Varieties. American Society for Horticultural Science. 85:172-178.

**Seminario Internacional Manejo del riego y Suelo en el Cultivo del palto
La Cruz, Chile 27 – 28 de Septiembre de 2006**

Whiley, A, Chapman W. y. Sarah J. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte during flowering. *Australian Journal of Agricultural Research* 39, 457–467.

Whiley, A. . 1990. Interpretación de la fenología y fisiología del palto para obtener mayores producciones. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. E1-E20p. Curso internacional de producción, poscosecha y comercialización de paltas, 2 -5 de Octubre 1990. Viña del Mar, Chile.

Wolstenholme, 1986 Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor with special reference to Avocado. *Acta Horticulturae* 175: 121-126