

## **FERTIRRIGACIÓN EN PALTOS**

**Francisco Gardiazabal I**

**Ingeniero Agrónomo**

**Facultad de Agronomía U.C.V.**

### **RIEGO – INTRODUCCIÓN**

En Chile, la superficie plantadas con paltos, según el censo agrícola de 1997, era de 16.919 hectáreas, de las cuales, 11.107 estaban en producción y 5.812 en formación; en los últimos 3 años el aumento del ritmo de plantación es cercano a las 1.000 – 1.500 hectáreas cada año. Ante esta realidad, se puede prever que la producción irá en aumento a una tasa mayor que la demanda.

Ello implicaría a los productores retornos económicos cada vez menores, lo que los obligaría a ser cada vez más eficientes. Para mantener la rentabilidad, el productor deberá disminuir sus costos de producción o bien aumentar su productividad. Sin embargo, el cómo aumentar o solamente mantener la producción del palto, es aún tema de múltiples investigaciones en los países productores.

Junto con aumentar la producción de los huertos de paltos es necesario aumentar el tamaño de la fruta cosechada, ya que el aumento de la oferta lleva consigo un aumento en las exigencias del mercado importador, siendo uno de los factores limitantes para la exportación de paltos chilenas.

Según CARRASCO (1996), los altos rendimientos sólo se logran si a nivel de los factores no controlables se tiene el menor número posible de limitaciones. Por lo tanto, el manejo de los factores controlables tendrá el mayor impacto productivo, entre los cuales, se encuentra el riego. Sin embargo, la ineficiencia del riego, tiene como causa entre otros, el desconocimiento real de las necesidades hídricas sobre el rendimiento, particularmente en el caso del palto, especie muy sensible tanto al déficit como al exceso de agua. Por su parte el manejo del riego en los huertos de paltos es responsable directo del crecimiento y desarrollo de los árboles, como de la productividad y calidad de la fruta cosechada.

Se suele estimar que el clima es uno de los factores más importantes que determinan el volumen de las pérdidas de agua por evapotranspiración de los cultivos (DOORENBOS y PRUITT, 1986). En los años 60, la organización meteorológica mundial (WMO) intentó recopilar y estandarizar la gran cantidad de información referente al tema que todavía estaba en plena evolución (GANGOPADHYAYA, 1966); luego, en la década del 70, FAO desarrolló procedimientos prácticos para estimar los requerimientos hídricos de los cultivos, que fueron ampliamente aceptados como estándares, en particular, para estudios sobre riego. Desde aquella publicación,

conocida como N°24, nuevos conceptos y avances en investigaciones y tecnología han revelado defectos de algunas metodologías haciéndose necesaria su revisión y adaptación (SMITH, 1992).

En la actualidad, recientes avances tecnológicos han permitido tener sistemas de monitoreo de factores climáticos y humedad de suelo considerablemente más exactos. La introducción de estas tecnologías en el manejo predial, abre nuevas perspectivas en precisión del manejo del riego, las cuales traen múltiples beneficios para el productor, como mejores cosechas tanto en calidad como en cantidad, reducción de sobre riegos y agua drenada.

Uno de los principales problemas, es el desconocimiento real de las necesidades hídricas sobre el rendimiento, particularmente en el caso del palto, especie muy sensible tanto al déficit como al exceso de agua. Por su parte el manejo del riego en los huertos de paltos es responsable directo del crecimiento y desarrollo de los árboles, como de la productividad y calidad de la fruta cosechada.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁRBOL

- **Sistema radicular**

El sistema radicular del palto es imperfecto en cuanto a absorción de agua. Ubicado a escasa profundidad de la superficie del suelo, generalmente de 0 a 30 cm, se divide en ramificaciones las cuales van asumiendo posiciones laterales. Estas laterales primarias se dividen en su mayoría bifurcándose en laterales secundarias, las cuales, a su vez, se vuelven a dividir, pero en ángulos más abiertos. Este sistema de ramificación desarrolla gran abundancia de raicillas. El color de las nuevas raíces activas es blanco (GREGORIOU, 1980).

Según WHILEY (1990), el palto presenta una estructura radicular superficial, extensamente suberizada, relativamente ineficiente en la absorción de agua, baja conductividad hidráulica y baja frecuencia de pelos radiculares, lo cual puede producir una variación diurna excesiva en el contenido de agua del árbol, lo que puede tener como consecuencia una pérdida de frutos durante las etapas críticas del desarrollo, como la floración. En esta etapa aumenta el área superficial efectiva que contribuye a la pérdida de agua por parte del árbol, factor que se une a un mayor estrés ambiental impuesto durante la primavera. Durante la etapa de segunda caída de fruta, que en Chile ocurre a fines de marzo y durante todo el mes de abril, un buen riego aminora el impacto del ajuste de la carga en el rendimiento final.

SHALHEVET *et al.*, (1981) citado por BOZZOLO (1993), estableció que los paltos absorben el 95% del agua en los primeros 60 cm en texturas finas. HERNANDEZ (1991) encontró que, bajo las condiciones de Quillota el 80% de la población de raíces se distribuía dentro de los 30 primeros centímetros de profundidad bajo el sistema de microaspersión.

Debido a la mayor distribución superficial de las raíces absorbentes por debajo de la cubierta de hojas, se sugiere que el sistema de riego usado debiera cubrir entre un 50 y 70% de la superficie de la proyección de la canopia (KURTZ, GUIL y KLEIN, 1991). De igual forma CANTUARIAS (1995), observó efectos positivos sobre el estatus hídrico del palto durante períodos de alta demanda evapotranspirativa, al ampliar la zona humedecida del suelo de un 25% a un 76%.

Sistemas radiculares vigorosos, bien ramificados y con una alta proporción de raíces finas se desarrollan sólo en suelos bien aireados. Bajo estas condiciones las raíces menores a 2 mm pueden corresponder a un 40% del total del volumen o peso de raíces (SALAZAR y CORTEZ, 1986).

- **Sistema vegetativo**

Los árboles nativos de palto pueden alcanzar hasta 20 metros de altura, con un diámetro de tronco muy superior a un metro. La corteza es suberosa y agrietada, con un espesor de cerca de 30 mm y color que varía del pardo oscuro al pardo rosáceo.

El crecimiento de brotes esporádicos se produce en una canopia compuesta por hojas de edades y eficiencias variables. Los repentinos crecimientos de nuevos brotes en primavera tardan casi 42 días en alcanzar la transición de polo de atracción a fuente de carbohidratos (WHILEY, 1990).

Según HERNANDEZ (1991) y TAPIA (1993), para paltos en la zona de Quillota, el desarrollo vegetativo registra dos períodos de crecimiento claramente definidos. Los brotes del primer período en primavera, de septiembre a diciembre, son de mayor longitud al ser comparados con los del segundo crecimiento que crecen a fines de verano y durante el otoño.

- **Sistema reproductivo**

La floración es un evento fisiológico mayor en el ciclo fenológico de los paltos, contribuyendo con casi un 8% del total de producción de materia seca (WHILEY *et al.*, 1988).

El palto presenta un comportamiento floral muy particular conocido como dicogamia protogínea de sincronización diurna. La dicogamia implica que las partes femeninas y masculinas maduran a destiempo. El término protogínea se refiere a que la parte femenina (el pistilo) madura antes que la masculina (los estambres) (GARDIAZABAL, 1998a).

Según WHILEY *et al.*, (1988), la superficie de canopia disponible para transpiración aumenta en casi un 90% durante el período de floración y hasta un 13% del total del agua transpirada por la canopia de los paltos puede ser atribuida a las estructuras florales. Sin embargo, tanto las estructuras florales como las hojas, tienen características morfológicas y anatómicas destinadas a disminuir las pérdidas de agua. Las estructuras florales

poseen estomas en la cara del envés de los sépalos y pétalos y son densamente pubescentes, aumentando con ello la profundidad efectiva de la capa límite sobre ellos. A pesar de estas características, las flores son susceptibles a déficit hídricos mayores que las hojas durante períodos de transpiración moderada, desencadenando en épocas de estrés hídrico excesivo daños irreversibles en los órganos florales, limitando con ello el potencial de cuajar fruta y su posterior retención.

Según LOVATT (1987), hasta la fecha sólo ha sido posible inducir floración en paltos usando bajas temperaturas, y no déficit hídricos. En paltos la aplicación de este estrés genera por acumulación de amonio, quemaduras de hojas y muerte de brotes.

En concordancia a lo anterior, CHAIKIATTIYOS *et al.*, (1994) observaron que sólo temperaturas bajas (<25°C) y no los estrés hídricos inducen floración en paltos. Para el cultivar Hass, el punto de separación entre crecimiento vegetativo y floración es de 23°C día y 18°C noche. El estrés hídrico (potencial hídrico foliar al alba de -1.7 a -3.5 MPa) previene o disminuye el crecimiento vegetativo, pero no induce floración (LAHAV y KALMAR, 1983). Si ésta se produce por bajas temperaturas, un déficit hídrico retrasa la floración hasta que el árbol sea nuevamente regado en forma apropiada.

#### **EFFECTOS DEL RIEGO**

El riego ha sido identificado como un factor fundamental para el éxito de la producción de paltos. Las etapas de cuaja y crecimiento temprano de fruto han sido identificadas como críticas, debiendo evitarse los estrés hídricos (LUKE *et al.*, 1995).

Diferentes autores han evidenciado una variación en la producción al suministrar láminas mayores a las utilizadas como estándares para el lugar y época en particular. Según TOMER (1987), en una experiencia realizada durante 6 años, y sobre 3 cosechas consecutivas en la zona de Negev, Israel, observó que con una cantidad de agua alta por riego (36 mm), lo que correspondió a 11.000 m<sup>3</sup>/ha/año, había menos concentración de cloruros en las hojas, menos quemaduras en las puntas de las hojas y aumento en el rendimiento acumulado con respecto a los tratamientos de riego medio y bajo.

Según MEYER *et al.*, (1990), en un ensayo realizado en Corona (Riverside) y Cashin (San Diego), EE.UU., suministrando el 120% de ETc (Evapotranspiración real del cultivo) no habría diferencias significativas en la cosecha en base anual, con respecto a otros tratamientos de riego (80% y 100%). Sin embargo la cosecha acumulada 1988-1990 se vio aumentada con el tratamiento de 120% de ETc. Los coeficientes de cultivo (Kc) se encontraban entre 0.35 y 0.55 y las láminas anuales para los tratamientos de 80, 100 y 120% de ETc eran 23, 28 y 32 pulgadas/acre lo que corresponde a volúmenes de 8.656, 10.537 y 12.042 m<sup>3</sup>/ha respectivamente. En un estudio económico, que en una de sus partes analiza como única variable el nivel de riego, los mayores retornos se obtuvieron con 100% de ETc, considerando el altísimo costo del agua en el sur de California (150

dólares/acre-pie), que equivale en el año 2.000 a valores superiores a los US\$ 5.000 por ha. Mayores porcentajes de ETc no mejoraban los retornos (TAKELE *et al.*, 1990). Esto está dado principalmente por la eficiencia del riego en relación a la producción. Dado que la escasez de agua se está transformando en un factor habitual en muchas partes del mundo, la relación de kilos cosechados por unidad de agua aplicada está tomando cada vez más importancia.

Según LAHAV *et al.*, (1992), a mayor cantidad de agua (120% de un total sugerido comúnmente de 4.700 m<sup>3</sup>/ha), se obtiene mayor crecimiento del tronco, mayor crecimiento vegetativo y mayores cosechas. Una reducción de 1.000 m<sup>3</sup>/ha significa una baja en la cosecha de 2 ton/ha, lo que corresponde a un 20% de la cosecha en Hass. Sin embargo es importante recalcar que la experiencia se llevó a cabo en suelos arcillosos, riego por goteo, buena calidad del agua de riego y lluvias promedio en la temporada de 600 mm.

Según FRANCIS (1997), resultados preliminares sobre un estudio en San Diego, EE.UU., con datos de cosecha de los años 1993-1996 muestran un aumento de la producción acumulada del 50% con un 130% de ETc aplicado una vez por semana en suelos delgados con buen drenaje, con respecto a tratamientos de 110% de Etc y cercano al 100%, con respecto al tratamiento del 90% de ETc. Con respecto a las frecuencias de riego, el aumento en producción es menor regando cada 2 o todos los días.

La predisposición de *Phytophthora cinnamomi* ante excesos de riego, se debe a que este hongo forma esporangios sólo en medios líquidos a diferencia de otras especies del mismo género. Además el medio líquido es esencial para la liberación de zoosporas desde el esporangio, para su subsecuente dispersión, además de favorecer el desarrollo del hongo. Este hongo ataca y penetra las raicillas de 1 a 3 mm de diámetro (ZENTMYER, 1980 citado por DUCO, 1996). En concordancia con lo anterior 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.

Según WHILEY *et al.*, (1986), un fenómeno conocido como anillo del pedúnculo ("Ring neck") estaría relacionado con períodos de estrés hídrico durante el desarrollo del fruto. Este desorden fisiológico se manifiesta como una lesión corchosa en la unión del pedicelo y el pedúnculo, pero puede ocurrir entre el pedicelo y la unión con la fruta, o donde el pedúnculo se une a la rama, siendo todos estos sitios lugares naturales de absición.

Si el agua es un elemento restrictivo en la etapa de cuaja y crecimiento inicial del fruto, se establecerá una fuerte competencia entre estos y las hojas. El resultante de tal evento es que las hojas extraerán el agua del fruto, deshidratándolo a tal punto, que este abortará (LAHAV y KALMAR, 1992).

## CUANTO REGAR

Para determinar el cuánto regar, se realizó un ensayo que se llevó a cabo entre marzo de 1998 y abril de 2000 en el predio La Invernada, ubicado en Nogales, provincia y comuna de Quillota, V Región (32°50' Sur y 71°13' Oeste). Se utilizaron 1,8 ha de árboles adultos de la especie *Persea americana* Mill. cv. Hass, en estado de alta producción, con un marco de plantación de 6 x 6 m.

- **Bandeja evaporimétrica**

A pesar de existir muchos métodos para estimar la evaporación potencial, el uso de la bandeja evaporimétrica seguirá teniendo validez, dada su sencillez de operación, su bajo costo y la utilidad de los datos que entrega. Es así, como por ejemplo en Israel, país reconocido por su tecnificación del riego, la bandeja evaporimétrica ocupa aún un sitio importante en todo el sistema de planificación de riegos.

Debido a la gran variedad de bandejas evaporimétricas usadas en todo el mundo y a la falta de datos de los variados entornos cercanos del lugar de instalación, no es posible relacionar correctamente todas estas posibilidades entre sí. Se sugiere mantener la cubierta de césped sólo en lugares en donde esto sea posible sin riego. En regiones áridas debiera mantenerse la cubierta de suelo desnudo. Además debe evitarse el uso de piedras trozadas alrededor del evaporímetro, y sólo utilizar bases de madera tratada (BOSMAN, 1987).

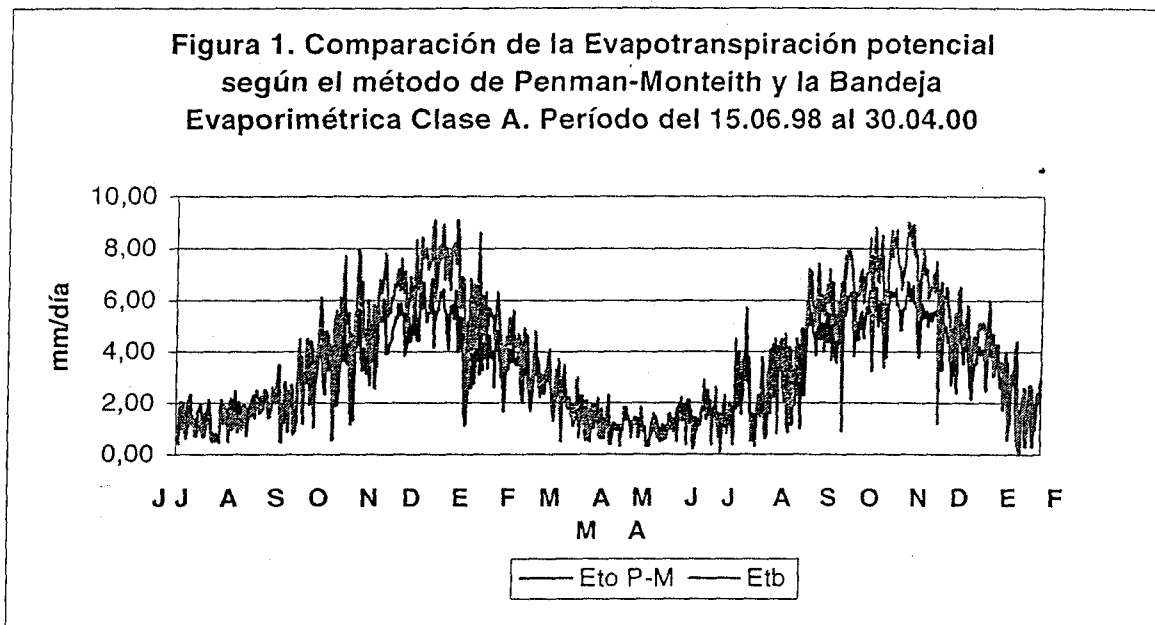
- **Evapotranspiración: Penman-Monteith**

El método de Penman-Monteith es aceptado por la FAO desde el año 1996 como un estándar para determinar la evaporación de referencia de los cultivos por sobre otros métodos descritos en el artículo FAO N°24 (GUROVICH, 1998).

Comparaciones entre bandejas evaporimétricas clase A y el método de Penman-Monteith para ETo han dado correlaciones satisfactorias para evaporaciones totales de 3 o más días, siempre que los coeficientes de bandeja sean confiables. Los coeficientes de bandeja son muy dependientes del medio local, y deberían obtenerse comparando los datos de ésta con los de Penman-Monteith. Si las condiciones climáticas son estables en la zona en particular, es posible estimar coeficientes de bandeja a partir de datos de ETo de estaciones cercanas.

En este ensayo se determinó la correlación existente entre la Bandeja evaporimétrica Clase A y Penman-Monteith dado por una Estación Meteorológica Computarizada. Existió una correlación positiva entre la

Evaporación obtenida de la bandeja Evaporimétrica y la obtenida según Penman Monteith, y analizando los coeficientes de bandeja real obtenidos se puede afirmar que es necesario ajustar los volúmenes de agua con que se riegan actualmente los paltos, ya que se estaría regando con entre un 20 y un 60% menos de agua en los meses de otoño – invierno y entre un 5 y un 20% menos para los meses de verano.



Los valores del Kb teórico durante los dos años medidos en el ensayo, estuvieron muy por debajo del Kb real, especialmente durante el otoño e invierno, estas épocas son muy importantes en el cultivo del palto, ya que hay una serie de eventos trascendentales para este cultivo, como inducción y diferenciación floral, segunda caída de frutos, crecimiento de los frutos y segundo flush de crecimiento vegetativo entre otros, como se analizará en el capítulo de Coeficientes de Riego del cultivo.

Los resultados obtenidos en el presente ensayo muestran la necesidad de cambiar los Kb, sin embargo, habría que probar si esto mismo sucede en diferentes situaciones geográficas y climáticas, o si la magnitud de estos resultados es tan grande como lo sucedido en este caso, mientras tanto, sugerimos probar los siguientes Kb, para los meses de:

Enero 0,75; Febrero 0,80; Marzo 0,85; Abril 0,95; Mayo 0,95; Junio 1,10; Julio 1,20; Agosto 1,10; Septiembre 1,00; Octubre 0,80; Noviembre 0,75; Diciembre 0,75.

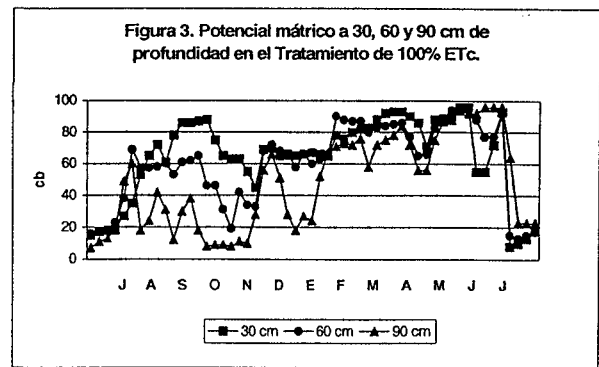
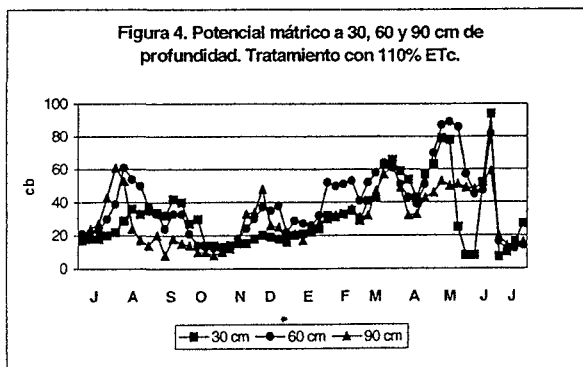
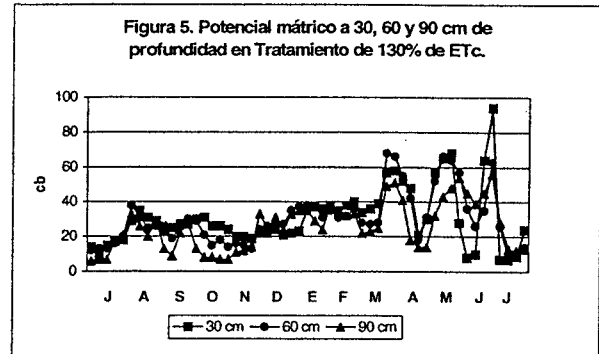
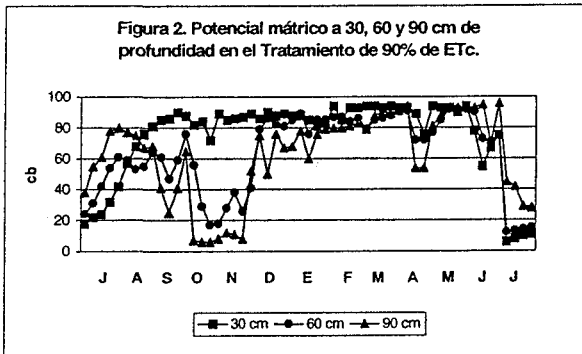
- **Tensiómetros**

Se acepta mayoritariamente que la frecuencia de los riegos se determina por el nivel de agotamiento del agua en la zona de mayor actividad radicular. Estos niveles son variables dependiendo del tipo de suelo, sistema de riego, profundidad de raíces, entre otros factores. En general se ha establecido que el límite de agotamiento hídrico durante el período crítico será de un 30 a un 60 por ciento del agua aprovechable. Estos límites corresponden a potenciales mátricos de entre -25 a -50 KPa en suelos de texturas finas y -30 a -40 KPa en los

de texturas gruesas. Regando con estos niveles se obtienen producciones y calidad de fruta aceptables y hay una reducción importante en la severidad de los ataques de *Phytophthora* (DU PLESSIS, 1991; LAHAV y KALMAR, 1983). Según VUTHAPANICH *et al.*, (1995), árboles regados al alcanzar los -20KPa tuvieron el doble de cosecha en base mayormente a número de frutos que aquellos regados a los -70KPa.

La utilidad de los tensiómetros en el control y planificación de riego ha sido ampliamente tratada para paltos por LAHAV y KALMAR (1976; 1977a; 1977b; 1983); WHILEY *et al.*, (1986); DU PLESSIS (1991); LEVINSON y ADATO (1991); SALGADO (1991); CARRASCO (1996) y DUCO (1996), entre otros, razón por la cual su uso como instrumento no necesita mayor justificación. Tanto en Sudáfrica, como en otros países productores de paltos, la herramienta más utilizada para el riego, son los tensiómetros.

Para analizar los antecedentes entregados por los tensiómetros en los dos años del ensayo, se promediaron los valores proporcionados por las tres repeticiones de tensiómetros, de cada uno de los tratamientos y a las profundidades de 30, 60 y 90 cm y que se muestran en las Figuras 2 a 5.





El riego con 90% ETc, fue absolutamente deficitario durante todo el año. Hay que considerar que en la época de primavera – verano, están los eventos fenológicos más importantes del palto, como son floración, cuaja, primera caída de frutitos, primer flush de crecimiento vegetativo, todos los cuales vieron a ser afectados en mayor o menor medida a este estrés hídrico.

El Tratamiento 2, que correspondía a riegos con 100% ETc, mostró un comportamiento similar, aunque no tan agudo como el anterior, pero, sin lugar a dudas, durante el año tuvo un severo estrés hídrico, como lo muestra el tensiómetro de 30 cm de profundidad. Sólo los tensiómetros ubicados a 60 y 90 cm de profundidad, logran estar entre los rangos propuestos durante el mes de octubre, época en que el huerto se podó, eliminándose entre el 30 y el 50% del follaje. Posteriormente, ambos vuelven a subir del rango de 50 cb y sólo el tensiómetro de 90 cm, vuelve a bajar por un corto tiempo a fines del mes de diciembre de 1998, subiendo sobre 50 cb en desde el mes de enero de 1999 y hasta el invierno del mismo año.

El Tratamiento 3, con 110% de ETc, muestra un comportamiento totalmente distinto a los anteriores, ya que si bien, al comienzo del tratamiento – durante el mes de julio de 1998 – tiene una pequeña alza en sus tensiones, alcanzando los tensiómetros de 30 y 60 cm de profundidad los 60 cb, luego durante la primavera y el verano se mantienen dentro del rango normal. Sólo en los meses de otoño e invierno nuevamente los tensiómetros se escapan de los niveles adecuados.

El Tratamiento 4, con 130% de ETc tiene un comportamiento similar al anterior, o sea, sus tensiómetros se mantienen dentro de los rangos de 10 y 50 cb. Solamente durante el mes de marzo de 1999, los tensiómetros de 30 y 60 cm, suben sobre los 50 cb, algo que se repetirá con los tensiómetros a las tres profundidades en los meses de mayo y en junio, hasta la llegada de las lluvias, donde bajan a niveles de 10 cb.

### **Análisis del crecimiento vegetativo**

Al analizar el crecimiento vegetativo en las diferentes épocas de medición, se puede observar que tanto en los crecimientos de ramillas de otoño y primavera de 1999, como en las del otoño del 2000 hubo diferencias significativas en los crecimientos, como lo muestra el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Crecimiento final de ramillas (en cm) en las 4 etapas de desarrollo de los árboles bajo los Tratamientos de 90, 100, 110 y 130% ETc.

<b>Tratamiento</b>	Crecimiento Primavera 1998	Crecimiento Otoño 1999	Crecimiento Primavera 1999	Crecimiento Otoño 2000
T <sub>1</sub> : 90%	13,81 a	13,40 a	8,00 a	5,52 a
T <sub>2</sub> : 100%	15,07 a	14,62 a	9,83 b	6,75 a
T <sub>3</sub> : 110%	14,82 a	17,44 b	12,15 c	13,37 b
T <sub>4</sub> : 130%	13,52 a	19,08 b	17,42 d	15,45 c

Intervalos múltiples de Duncan 0,05%

### ANÁLISIS DE LOS PERÍMETROS DE TRONCOS

Al inicio del ensayo se midieron los perímetros de los troncos de todos los árboles en ensayo, a 5 cm sobre el injerto de los árboles. Durante el otoño de 2000, se volvió a realizar la medición, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Perímetros de Troncos

Tratamiento	Año 1998 (cm)	Año 2000 (cm)	Diferencia (cm 1998)	Diferencia (%) 1998)
90% ETc	72,02 a	77,89	5,90 a	8,19 a
100% ETc	75,67 a	85,03	9,36 b	12,37 b
110% ETc	73,79 a	85,73	11,95 c	16,19 c
130% ETc	73,34 a	84,86	11,85 c	16,16 c

Duncan 0,05

Al cabo de dos años, hay diferencias estadísticas entre los tratamientos, es así que el tratamiento de 90% de ETc muestra los valores más bajos en el crecimiento del perímetro, sea medido en cm de diferencia entre ambos períodos o como un % de diferencia con respecto al año 1998. El Tratamiento de 100% es intermedio, siendo los mejores y estadísticamente distintos a los anteriores, los tratamientos de 110 y 130% de ETc que a la vez son iguales entre si.

### ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CULTIVO

Los coeficientes de cultivo en los tratamientos de 90% y 100% ETc tuvieron una seria restricción hídrica durante la primera temporada del cultivo, según lo mostraron las mediciones efectuadas por los tensiómetros. Además si consideramos los valores de crecimiento vegetativo y los crecimientos en el perímetro de los troncos, los

peores resultados se obtuvieron con estos tratamientos. Por lo tanto, el Kc del palto, bajo las condiciones del ensayo, se acerca mucho más a los Tratamientos de 110 o 130% de ETc.

Al analizar lo sucedido con los tensiómetros en todos los tratamientos en otoño e invierno, donde subieron sobre los rangos adecuados, queda claro que posiblemente el Kc de esa época, puede ser similar a los otros meses de mayor demanda de agua por el cultivo y por lo tanto, necesariamente habría que subirlo.

No obstante lo analizado en los párrafos anteriores, falta un análisis esencial para poder determinar cual o cuales de los tratamientos en estudio fueron los mejores y éste es el análisis de la fruta. Una vez se tengan las cantidades de frutas cosechadas por árbol y el calibre que tengan estas frutas, en 3 a 4 meses más, se podrá determinar con mayor exactitud los mejores valores del Kc, para el palto en la zona en estudio. Mientras tanto, proponemos los siguientes valores:

Mes	Kc base del estudio	Kc actualmente en uso	Kc propuesto
Enero	0,65	0,72	0,72-0,75
Febrero	0,60	0,65	0,72-0,75
Marzo	0,55	0,58	0,72-0,75
Abril	0,55	0,58	0,72-0,75
Mayo	0,50	0,58	0,72-0,75
Junio	0,45	0,52	0,65
Julio	0,40	0,52	0,65
Agosto	0,50	0,52	0,65
Septiembre	0,55	0,58	0,65
Octubre	0,55	0,58	0,65
Noviembre	0,55	0,65	0,72-0,75
Diciembre	0,65	0,72	0,72-0,75

## FERTILIZACIÓN

Los rendimientos de los huertos de paltos son bajos, cuando se comparan con los de manzanos, durazneros y cítricos. Por una parte, esto es debido a los altos costos de energía que necesita el Palto para sintetizar los aceites en su fruta, por otra a un reflejo del origen de esta especie, en bosques tropicales donde llueve todo el año, como también a la conducta compleja de floración y polinización que posee.

El palto se caracteriza por tener una baja demanda de nutrientes, es así como Lahav (1990) señala que la extracción de N, P y K por cada tonelada de fruta es de 11, 2 y 20 K respectivamente. A continuación se

entrega un cuadro que muestra la extracción de los distintos elementos, en huertos adultos de paltos que tienen una producción de 10 toneladas por há.

#### Extracción de nutrientes en Paltos con rendimiento de 10 Ton/ha.

<i>Elemento</i>	<i>Remoción del cultivo</i> (K/ha)
N	11,3
P	1,7
K	19,5
Ca	2,1
Mg	5,0
S	8,0
Mn	0,02
Fe	0,09
Zn	0,04
Cu	0,01
B	0,04

Fuente: R.F. Breber, E.S.Clarck, A.R.Ferguson,P.R.Sale, G.S.(Smith) en Fertilizer Recommendations for Horticultural Crops Ministry of Agriculture and Fisheries., Wellington (1986).

#### QUE APLICAR

Además del análisis de suelo, que nos indica el pH, la Conductividad Eléctrica y en general las cantidades que tienen los suelos, pero que tiene el inconveniente de no advertirnos la cantidad de estos elementos que están disponibles para las plantas, debemos recurrir a los análisis foliares, para una buena fertilización de los huertos. Sin embargo, los análisis foliares no son una panacea ni tampoco dan una respuesta absoluta, ni es 100% confiable; sobre todo si se está tratando de árboles que no están sanos. Una de las cosas fundamentales al hacer un muestreo para análisis foliar es estar seguro que se está sacando muestras de árboles relativamente normales o sanos, porque si el árbol tiene enfermedades radiculares, excesos de agua o diferentes factores alterando la planta, ello implica que los resultados estarán falseados.

Es muy importante determinar fehacientemente el tipo de hoja a muestrear, la época en que se realiza el muestreo, sacar estas muestras de árboles sanos, representativos del huerto, de la misma variedad y edad de las plantas, de sectores de suelo similares, etc. Bajo nuestras condiciones, el muestreo debe realizarse 6 meses después del nacimiento de las hojas de primavera, obteniendo hojas del tercio medio de ramillas, que no tengan frutas, durante el mes de marzo.

Para que el análisis foliar sirva en forma razonable, debe repetirse año a año, para ir observando como evoluciona el contenido de los distintos elementos en las plantas, para ir viendo si se está aplicando un producto de más o de menos, y para ir corrigiendo esas cantidades anualmente.

SAAGA – SAAKV (South African Avocado Grower's Association), en su publicación de julio de 1990, presenta una tabla de contenidos de análisis foliar muy completa, producto de las investigaciones realizadas en este país y que corresponde a algunas variaciones de lo obtenido por Embleton, Goodall y Pratt en California, dando rangos específicos de nitrógeno para Hass, Fuerte y otras variedades, y que se presentan en el siguiente cuadro:

Elemento	Deficiente	Bajo	Normal	Alto	Exceso	Medido en
Nitrógeno(Hass)	1,40	1,41-2,19	2,20-2,40	2,41-2,69	2,70	%
Nitrógeno(Fuerte)	1,30	1,31-1,69	1,70-2,00	2,01-2,49	2,50	%
Nitrógeno(Otros)	1,30	1,31-1,89	1,90-2,20	2,21-2,49	2,50	%
Fósforo	0,05	0,06- 0,07	0,08-0,15	0,16-0,24	0,25	%
Potasio	0,35	0,36-0,74	0,75-1,25	1,26-2,24	2,25	%
Calcio	0,50	0,51-0,99	1,00-2,00	2,01-2,99	3,00	%
Magnesio	0,25	0,26-0,39	0,40-0,80	0,81-0,99	1,00	%
Sodio	-	-	0,01-0,06	0,06-0,24	0,25	%
Azufre	0,05	0,06-0,19	0,20-0,60	0,61-0,99	1,00	%
Cloro	-	-	0,07-0,23	-	0,25	%
Cobre	3	4	5-15	16-24	25	Ppm
Hierro	40	41-49	50-150	151-249	250	Ppm
Manganeso	19	20-49	50-250	251-749	750	Ppm
Molibdeno	0,01	0,02-0,04	0,05-1,00	-	-	Ppm
Zinc	20	21-24	25-100	101-299	300	Ppm
Boro	14	15-49	50-80	81-149	150	Ppm

#### Síntomas visuales de deficiencia y excesos.

Otro sistema muy útil y muy importante para saber que falta es basarse en los síntomas visuales. Supongamos que en el huerto se vean anomalías en las hojas, y que son más o menos típicas. Entonces, se debería hacer un análisis foliar para chequear los síntomas observados, ya sean deficiencias o toxicidad. Así, son muy típicos los síntomas de deficiencia de Hierro, Zinc, Manganeso y Boro; como así también los síntomas de exceso de Cloro.

Se pueden presentar en nuestro país las deficiencias de los siguientes elementos:

**Hierro:** En el palto, como en la mayoría de los frutales, la deficiencia se manifiesta como una clorosis (amarillamiento) intervenal muy marcado, es decir, permanecen de color verde sólo los nervios de las hojas, principalmente las más jóvenes del árbol.

**Zinc:** Una ligera deficiencia de este elemento se manifiesta por un moteado intervenal en las hojas jóvenes, síntoma que se confunde fácilmente con una leve toxicidad por sales. En el caso de una deficiencia media, los árboles presentan clorosis en algunas ramas, permaneciendo verde, o con un ligero moteado, el resto del follaje. Cuando la deficiencia es más severa, se reduce el tamaño de las hojas y la clorosis es más intensa en sus láminas, apareciendo manchas marrón – anaranjadas en las áreas cloróticas, además hay acortamiento de entrenudos en los brotes.

La reducción en el tamaño de los frutos, así como el cambio de la forma, al volverse más esféricos, en algunos casos, mostrar una pigmentación rojiza junto al punto de inserción de ellos, son otros de los síntomas de carencia de este elemento.

**Manganeso:** Cuando la deficiencia es leve, hay un empaldecimiento de las áreas intervenales de las hojas, permaneciendo verdes las zonas d contiguas a los nervios. A medida que la deficiencia se hace más aguda, dichas áreas adquieren una coloración amarillo más intensa, en contraste con las bandas verdes. Estos síntomas pueden manifestarse en hojas jóvenes como en adultas.

**Boro:** Su carencia se manifiesta principalmente en los frutos mostrando distintos tipos de deformaciones, siendo la más típica la deformación de un lado del cuello del fruto. Además, la inserción del pedúnculo en el fruto es más lateral. El árbol tiende a dar una floración más temprana y los brotes muy grandes sobre ramas débiles.

**Cloro:** Presenta problemas de excesos, el cual se manifiesta en las hojas más viejas con una decoloración de la punta de ella, si la toxicidad es leve, llegando a provocar necrosis (muerte) de esta zona y de parte de la lámina. Este síntoma se presenta en forma alarmante en plantaciones de palto en el valle de Malleco, como en la zona de Naltahua, regadas por los ríos Mapocho y Maipo.

Estos síntomas pueden ser muy claros a veces, pero otras pueden venir mezclados principalmente con sodio, o sea, se da una combinación de 2 o más elementos, y entonces la visión del síntoma no es tan clara. También pueden mezclarse problemas de toxicidad de un elemento o sales, con deficiencias de otros.

## CUÁNTO Y CUÁNDO APLICAR

### 1. Nitrógeno:

Como vimos anteriormente, el palto no extrae muchos nutrientes del suelo para su producción y, por otra parte, excesos de nitrógeno trae como consecuencia una reducción en la cosecha.

Del tercer o cuarto año en adelante – una vez que comienza la producción, debe empezar a hacerse análisis foliar para una buena determinación de los niveles nutricionales de las plantas.

En árboles adultos las dosis aplicadas dependen de la variedad, de la localidad (especialmente si están regadas con aguas provenientes de las descargas de las ciudades), de la producción actual y de la esperada para la próxima temporada, de la fertilidad del suelo, y de otras consideraciones a determinar en cada caso. En general las dosis ocupadas en nuestro país son, para las distintas variedades cultivadas comercialmente:

Hass	: 150 a 300 K/ha
Fuerte	: 0 a 150 K/ha
Bacon	: 0 a 100 K/ha
Zutano	: 50 a 150 K/ha

Este nitrógeno puede ser aportado mediante **abonos orgánicos o inorgánicos**. En el primer caso, es muy importante establecer la procedencia de dicho abono y los cuidados que se le han dado, ya que si se hubiera desecado al sol, se podrá haber perdido una parte importante del nitrógeno; debido a ello, es necesario analizarlo antes de su aplicación. También es importante conocer el grado de salinidad que traen, pues hemos estudiado algunos guanos provenientes de aves, cuyas Conductividades eléctricasen el extracto de saturación, mayores a 17 mMhos/cm, considerando que los paltos que viven en suelos con 2 mMhos/cm, ya tienen una pérdida del 10% de su producción; en estos casos hemos tenido muerte de plantas.

Otro de los aspectos que hay que tener cuidado es la descomposición de estos guanos, ya que si no están bien descompuestos, la cantidad de amoníaco que liberan en este proceso, terminan dañando y matando a las raíces, por lo tanto, el ideal es trabajar con guanos ya compostados.

Otro de los problemas que presentan los abonos orgánicos, es su lenta liberación del nitrógeno, que puede ser acelerada o retardada por la temperatura existente en el suelo. Esto hace difícil el saber con cierta exactitud cuándo se está entregando este nitrógeno a la planta, puesto que es muy importante lograr una buena cuaja en los árboles, y no favorecer en un momento determinado el crecimiento vegetativo, en desmedro del reproductivo que da origen a los frutos.

Sin embargo, estos abonos orgánicos tiene muchísimas ventajas, siendo la principal la gran actividad que genera en los microorganismos del suelo, además, mejora la estructura del suelo, aumentando la infiltración del agua, incrementan la retención de agua, conservando la humedad de éste, disminuyen el escurrimiento superficial, aportan una gran diversidad de nutrientes, etc. Lo mismo se puede decir de las coberturas vegetales (acícula de pino, corteza, viruta de maderas, paja, etc), sin embargo, éstas en general no aportan en la primera etapa nutrientes, sino que por el contrario, pueden crear en una etapa inicial "hambre de nitrógeno" y una vez se descomponen, liberar nitrógeno y otros nutrientes.

Las mejores épocas de aplicación corresponden a las que se realizan a fines de marzo comienzos de abril (donde se pone entre un 20 a un 40% del nitrógeno), en plena floración (2<sup>a</sup> quincena de octubre, donde se aplica entre un 10 y un 40%) y en enero (después que los frutos tengan 1,5 a 2 cm de diámetro ecuatorial, donde se pone el resto del nitrógeno).

## 2. Fósforo y Potasio:

No hemos encontrado nunca en huertos chilenos la sintomatología de deficiencia de fósforo y potasio en palto, no obstante, haber encontrado – especialmente en algunos huertos, niveles bajo de Potasio – por lo que no es posible utilizar el diagnóstico visual para determinar su posible ocurrencia.

En California, rara veces y solo en años más recientes, en suelos arenosos y áridos se ha encontrado una carencia de fósforo, siendo aún más rara la falta de potasio.

## 3. Boro:

El boro está estrechamente asociado con la división celular y la actividad meristemática (responsable del crecimiento), siendo particularmente importante durante la polinización y el desarrollo temprano del fruto. Tal es así que, en árboles severamente deficientes, se producen deformaciones del fruto y de los brotes.

Ocurre una removilización del boro, intensa y rápida durante el invierno, desde las hojas maduras a las panículas (tipo de inflorescencia del palto) de flores en desarrollo. De este modo, se deberían aprovechar las oportunidades para ajustar las concentraciones de boro en el árbol durante los meses de verano, con el fin de asegurar un suministro adecuado durante el crítico período primaveral.

En Australia, el boro se aplica usualmente en el suelo, y las investigaciones han demostrado que el árbol soportará tasas diez veces mayores que el equivalente a los cítricos y mangos (Whiley, datos no publicados).



La disponibilidad de este elemento depende del tipo de suelo (mientras más arenosos, mayor disponibilidad), el pH (nuestros suelos son básicos e idealmente se requiere de suelos ácidos o subácidos), del tipo de arcilla presente en el suelo, del portainjerto utilizado. Estamos usando entre 5 a 8 g de Acido Bórico por m<sup>2</sup> de follaje del árbol.

#### 4. Cinc.

También es este un elemento asociado a la actividad de meristemas y, cuando hay deficiencias de él, prevalece la clorosis de la hoja y la deformación del fruto. De manera similar al boro, las concentraciones de cinc en la hoja también descienden durante el desarrollo de las panículas de flores. En tejidos florales, los niveles pueden ser entre un 80 – 100 % superiores durante la antesis (apertura de la flor) que en las hojas adyacentes.

**Aplicaciones Foliare:** Bastante cuestionadas por los investigadores de nutrición del palto, pues al parecer este elemento queda en las primeras capas celulares de la cutícula de las hojas.

#### **Aplicaciones al suelo:**

Estas han sido exitosas en suelos ácidos de San Diego y Santa Bárbara (EE.UU.), también en aplicaciones por el sistema de riego en Israel. En Chile, sólo llevamos un par de años aplicando Sulfato de Cinc por el sistema de riego, sin tener aún resultados concretos.

En sectores con deficiencias marcadas de Cinc, hemos usado aplicaciones de grandes cantidades de Sulfato de Cinc por planta (hasta 8 K/árbol, en árboles adultos plantados a 8 x 8 m), en 8 hoyos por árbol, de 30 – 40 cm de profundidad y poniendo un “taco” de 1 k/hoyo. Los resultados han sido muy exitosos, pues en un año las plantas han vuelto a la normalidad. Lo mismo hemos hecho en plantitas nuevas (de 2 años de edad), poniendo 400 g/planta, en 4 hoyos de 30 cm de profundidad, en el sector del término de las raíces.

#### 5. Hierro.

La deficiencia de este elemento puede abarcar al árbol completo o solo a determinadas zonas del follaje, siendo esta sistomatología observada con mayor frecuencia entre los meses de septiembre a marzo. También es esperable observar que en aquellos árboles que presentan una producción muy abundante en la temporada, se manifieste clorosis férrica.

Las plantas con clorosis férrica han sido tratadas desde hace muchos años con sulfato ferroso, vía aplicación foliar, y en algunos casos directamente al suelo. En los suelos calcáreos, este método de

corrección es poco efectivo, ya que el fierro se insolubiliza en el suelo al transformarse en hidróxido ferroso y las aplicaciones al follaje no dan buenos resultados.

Para corregir clorosis férrica se emplean quelatos de Fierro, principalmente de Fe-EDDHA, cuyo nombre comercial puede ser : Sequestrene 138 Fe o Bolikel Fierro, o Ferrostrene. Estos productos aplicados al suelo permanecen solubles, de forma que la planta los puede absorber, teniendo resultados satisfactorios. Sin embargo, este tratamiento presente la desventaja de un alto costo comercial.

## FERTIGACION

En huertos decaídos y en huertos adultos en suelos no muy favorables hemos probado fertigación, aplicando los siguientes productos y en las siguientes dosis y épocas de aplicación:

Mes	Nitrógeno (K/ha)	Fósforo (K P205/ha)	Potasio (K K20/ha)	Sulfato de Cinc (K/ha)
Agosto	15	0	0	50
Septiembre	15	0	0	50
Octubre	70	0	0	50
Noviembre	15	10	30	0
Diciembre	15	10	30	0
Enero	70	10	30	0
Febrero	15	10	30	0
Marzo	15	10	30	0
Abril	70	10	30	0
Total	300	60	180	150

## TOXICIDAD.

No quiero terminar esta discusión sin unas palabras sobre la quemadura de las hojas de palto(**tipburn**). Este daño es muy frecuente en nuestros huertos, principalmente si son regados con aguas del río Mapocho o del Maipo, y en menor grado los regados con aguas provenientes del río Aconcagua.

Estos daños son causados por excesos de cloruros y compuestos de sodio que se acumulan en las hojas a medida que envejecen, por eso es más notorio en hojas viejas.

La corrección dependerá (si es que se puede hacer) de la causa del problema. Puede ser que el agua de riego traiga excesos de Cloro y Sodio, y entonces el asunto se complica y no hay solución práctica posible.

Otras veces, el agua es de bajo contenido de estos elementos tóxicos y se puede lavar el suelo para arrastrar las sales. En ocasiones, durante temporadas de abundancia de agua, el contenido de las sales baja y entonces hay que lavar el suelo.