

Determining the effect of different amounts of water on the physiology, yield and postharvest of avocado cv. Hass.

Pilar M. Gil^{1*}, Raúl Ferreyra^{2,5}, Daniela Karlezi², Claudia Troncoso², Jorge Saavedra^{3,5}, Paula Robledo y Bruno Defilippi⁴.

¹Escuela de Ciencias Agrícolas, Universidad de Viña del Mar, Agua Santa 7055, Viña del Mar.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chorrillos 86, La Cruz, Chile.

³Escuela de Ing. de Alimentos, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Waddington 716, Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

⁴Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santa Rosa 11610, La Pintana, Santiago.

⁵Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables. Blanco 1623, Of. 1402, Valparaíso, Chile.

* Corresponding author: pilar.gil@uvm.cl.

The avocado is a species described as highly sensitive to lack of water. Some of the effects of water deficit in avocado are reduction of growth, reduction of yield and problems in the quality and postharvest life of the fruit. Moreover, due to the high energy costs involved in irrigation under the current avocado growing conditions in Chile, combined with drought cycles that have occurred in recent years, it is necessary to find techniques to save water without affecting yield, and the fruit quality. Because of this, has been carried out in orchards of the region of Valparaíso, a 3-year study to determine the effect of different water amounts on the tree physiology, yield and postharvest quality of "Hass" avocado fruit. The first year of the study was done from October of 2009 to September of 2010; during that period different irrigation rates were applied to avocado cv. Hass trees located on hillsides. Thus, adult "Hass" avocado trees were subjected to 4 irrigation treatments: T0: 110% ETo, T1: 65% Eto, T2: 77% ETo and T3: 132% ETo, where T0 corresponded to the irrigation management of the orchard. Soil moisture was monitored by measuring equipment FDR. All treatments were performed with micro-sprinklers and with the same irrigation time that corresponds to the control. As effect of the treatments there were found differences in trunk contraction and growth rate. However chlorophyll content and trunk transversal diameter after harvest did not show differences. Yield, fruit size and characteristics of the fruit after harvest and shipping simulation did show significant differences. Regarding yield, increased performance was observed in the trees for the T2 treatment, while control trees (T0) had a significantly lower production. Regarding fruit size, the fruit size distribution of T1 showed a higher proportion of lower size fruit compared with T3; also, the average weight of fruit taken from T1 was lower than T3. The postharvest behavior of fruit showed differences in firmness measured after 45 days of simulated shipping, where treatment T0 has significantly lower fruit firmness. The preliminary results presented in this work showed that applying the 77% of the ETo during 11 months is a good alternative for water reduction without affecting production or quality of "Hass" avocado fruit.

Keywords: *Persea americana*; drought; water stress; fruit quality; postharvest.

Determinación del efecto de distintas cargas de agua en la fisiología, rendimiento y postcosecha de paltos cv. Hass

Pilar M. Gil^{1*}, Raúl Ferreyra^{2,5}, Daniela Karlezi², Claudia Troncoso², Jorge Saavedra^{3,5}, Paula Robledo y Bruno Defilippi⁴.

¹Escuela de Ciencias Agrícolas, Universidad de Viña del Mar, Agua Santa 7055, Viña del Mar.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chorrillos 86, La Cruz, Chile.

³Escuela de Ing. de Alimentos, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Waddington 716, Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

⁴Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santa Rosa 11610, La Pintana, Santiago.

⁵Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables. Blanco 1623, Of. 1402, Valparaíso, Chile.

* Corresponding author: pilar.gil@uvm.cl

El palto es una especie que se describe como de alta sensibilidad a la falta de agua. Entre los efectos del déficit hídrico en palto se pueden nombrar disminución del crecimiento, disminución del rendimiento y alteraciones en la calidad y vida de postcosecha de la fruta. Por otra parte, debido al alto costo energético que implica el riego presurizado en las actuales condiciones de cultivo del palto en Chile, sumado a ciclos de sequía que se han presentado en los últimos años, es necesario buscar técnicas que permitan ahorrar agua sin afectar mayormente la calidad de postcosecha de la fruta. Debido a lo anterior, se está realizando en huertos de la región de Valparaíso, un estudio de 3 años para determinar el efecto de distintas cargas de agua en la fisiología, rendimiento y calidad de postcosecha de frutos de palto cv. Hass. La primera temporada de estudio se realizó desde octubre de 2009 a septiembre de 2010; durante este periodo se aplicaron diferentes tasas de riego a paltos cv. Hass establecidos en ladera de cerro. Árboles adultos de palto cv. Hass sobre patrón Mexícola se sometieron entonces a 4 tratamientos de riego: T0: 110% ETo, T1: 65% Eto, T2: 77% ETo y T3: 132% ETo, donde T0 corresponde al régimen de riego del campo. La humedad del suelo fue monitoreada continuamente mediante equipos FDR. Todos los tratamientos se realizaron con microaspersores y con el mismo tiempo de riego que corresponde al testigo. Como efecto de los tratamientos se observaron diferencias en la contracción y tasa de crecimiento de tronco. Sin embargo, parámetros como contenido de clorofila y área transversal de tronco medidos después de cosecha no mostraron diferencias. La producción, tamaño de fruta y características de la fruta después de cosecha y simulación de envío en barco sí mostraron diferencias significativas. Respecto a la producción se observó un mayor rendimiento en los árboles correspondientes al tratamiento T2, mientras que los árboles testigo (T0) presentaron una significativa menor producción. Respecto al tamaño de fruta, la distribución de calibres del tratamiento T1 mostró una mayor proporción de fruta pequeña respecto del tratamiento T3; además de esto, el peso promedio de fruto de T1 fue significativamente menor que T3. El comportamiento de la fruta en postcosecha mostró diferencias en cuanto a firmeza medida luego de 45 días de viaje, donde el tratamiento control (T0) presentó una significativamente menor firmeza al desembarque. Los resultados preliminares presentados en este trabajo muestran que aplicando una tasa de 77% de la ETo durante 11 meses no afectarían mayormente la producción ni calidad de fruta en palto cv. Hass

Palabras claves: *Persea americana*; sequía; estrés hídrico; calidad de fruta; postcosecha

INTRODUCCIÓN

El palto en Chile es el segundo cultivo frutal en importancia después de la vid de mesa. La industria de la palta en Chile es principalmente exportadora, lo cual demanda fruta de buenas características de postcosecha. Por otra parte, este cultivo presenta una alta sensibilidad al frío y gran adaptabilidad para ser cultivado en laderas de cerro, razones por las cuales actualmente la expansión de la superficie plantada ocurre en esas condiciones. En los últimos años el crecimiento del costo de la mano de obra y de la energía eléctrica utilizada principalmente para el manejo de riego, han provocado un aumento de los costos y por lo tanto una disminución de la rentabilidad del negocio lo cual obliga a los productores a reforzar los manejos orientados a aumentar el rendimiento, sin afectar la calidad de la fruta y al menor costo posible. Debido a lo anterior, sumado a ciclos de sequía que se han presentado en los últimos años, es necesario buscar nuevas técnicas que permitan ahorrar agua sin afectar mayormente la calidad de postcosecha de la fruta.

El palto es una especie capaz de soportar algunos episodios de falta de agua, sin embargo una producción exitosa depende de una adecuada disponibilidad hídrica (Schaffer y Whiley, 2002). Entre los efectos de un estrés hídrico se pueden nombrar un aumento en el aborto de frutos recién cuajados (Whiley et al., 1988; Whiley, 1994; Wolstenholme et al., 1990), una reducción en la calidad interna de la fruta (Bower and Cutting, 1988), una disminución del crecimiento de brotes y tronco (Kalmar and Lahav, 1977), disminución del tamaño de la fruta (Adato and Levinson, 1988; Michelakis et al., 1993), disminución del contenido de aceite (Lahav and Kalmar, 1977) y una disminución del rendimiento (Richards et al., 1962; Lahav and Kalmar, 1977; Lahav and Whiley, 2002).

Por otra parte, el exceso de agua como resultado del establecimiento de huertos de palto en suelos pesados y manejo de riego con poco control también tienen un efecto en la fisiología, producción y calidad de fruta en palto. El palto es una especie sensible a la falta de agua en el suelo (Schaffer et al., 1992), y entre los efectos de la hipoxia en la zona de raíces del palto puede provocar una disminución del tamaño de las hojas, una reducción del crecimiento de raíces y brotes, e incluso una severa abscisión de hojas y frutos (Stolzy et al., 1967). Además, se ha reportado que el exceso de agua en suelos calcáreos aumenta la clorosis férrica en hojas de palto (Zude-Sasse and Schaffer, 2000), y en condiciones normales de pH afecta el índice de área foliar (Ferreyra et al., 2007).

El manejo de riego presurizado es necesario en las condiciones de cultivo del palto en Chile. El grado de humedad del suelo depende altamente de la tasa de riego o carga de agua que se aplique, por lo que una condición de falta o exceso de agua en el suelo no sólo depende de las características físicas del suelo y disponibilidad de agua sino que también en gran medida del manejo de riego. En huertos de palto cv. Hass ubicados en la zona central de Chile, se viene realizando un estudio para determinar el efecto de distintas cargas de agua en la fisiología, rendimiento y calidad de postcosecha de la fruta. El objetivo de este trabajo es evaluar durante 3 temporadas el efecto de 4 diferentes cargas de agua de riego en la fisiología, producción y calidad de fruta de palto cv. Hass. En el presente artículo se presentan resultados parciales obtenidos luego del primer año de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y condiciones del ensayo: El ensayo se realizó en un huerto de 9 años de paltos cv. Hass sobre patrón Mexicola establecido en ladera de cerro, en la localidad de Panquehue (S 32°48'45.6", W 70°49'13.4"). El ensayo fue conducido en la zona central de Chile, V Región de Valparaíso, Provincia de San Felipe. El clima de esta zona corresponde a mediterráneo continental seco con temperaturas medias anual de 14.7° C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 31.8° C y una mínima media del mes más frío (julio) de 2.1° C. El periodo libre de Heladas es de 7 meses, de septiembre a abril. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 221.2 mm, concentradas en los meses junio a agosto.

El suelo del lugar es de tipo coluvial, con textura franco arenosa, profundidad efectiva de 1 m de profundidad y alta pedregosidad (65 a 75%). El ensayo se realizó en una posición de piedmont con una pendiente de 15 a 20% y exposición norte.

Tratamientos: Desde diciembre de 2009 a diciembre de 2010 se aplicaron diferentes tasas de riego a paltos cv. Hass establecidos en ladera de cerro. Las tasas de riego se expresan como porcentaje de evapotranspiración potencial (%ET_o). Los tratamientos realizados fueron los siguientes: T0: 110% ET_o; T1: 65% ET_o; T2: 77% ET_o; T3: 132% ET_o. El tratamiento T0 corresponde al régimen de riego del campo. Las diferentes tasas se consiguieron con la utilización de emisores de distinto caudal, cuidando no afectar el patrón de mojamiento. Los tratamientos se aplicaron con microaspersión (autocompensado), un emisor por árbol, durante toda la temporada. Los emisores utilizados tenían los siguientes caudales: T0: 35 L/h, T1: 20 L/h, T2: 28 L/h, T3: 47 L/h. Todos los tratamientos tuvieron el mismo tiempo de riego.

Para estimar la evapotranspiración de referencia se utilizó una bandeja de evaporación clase A ubicada en el predio y un coeficiente de bandeja de 0.75.

El ensayo constaba de 256 árboles plantados a 6 x 4 ocupando una superficie de 6,144 m². El experimento se desarrolló como Diseño Completamente al Azar. La unidad experimental estaba conformada por 16 árboles, y cada tratamiento constaba de 3 repeticiones.

Mediciones:

Humedad del suelo: La variación de humedad del suelo se midió con sondas de capacitancia de tipo FDR (Frequency Domain Rate) modelo Diviner 2000. Se instalaron tubos de acceso en un árbol por cada repetición y las mediciones se realizaron con una frecuencia semanal. Además se midieron con equipos FDR Enviroscan y Decagon en el tratamiento To, T1 y T2 (una repetición) las variaciones de la humedad del suelo en forma continua.

Crecimiento y contracción de tronco: El crecimiento, dilatación y contracción del tronco fue monitoreado por un dendrómetro digital (Phytech, Israel) y colectados a través de una consola portátil para luego ser traspasados a un PC portátil. Se ubicó un dendrómetro por tratamiento para monitorear el crecimiento, dilatación y contracción de tronco durante antes del comienzo del experimento hasta el mes de junio.

Rendimiento: Una vez alcanzado el porcentaje mínimo de materia seca para exportación (23%) se cosechó cada uno de los árboles de cada repetición (16 unidades) para determinar el rendimiento promedio por árbol. Esta evaluación fue realizada en el mes de septiembre de 2010.

Distribución de calibres: durante la cosecha de frutos se tomó una muestra al azar de frutas equivalente al 5%. Se pesó cada fruto con el fin de determinar el peso por fruto y con ello determinar la distribución de calibres en cada tratamiento.

Área transversal de tronco: inmediatamente terminada la cosecha se midió el perímetro de tronco para luego calcular su diámetro. Con este dato se calculó el área transversal de tronco mediante la ecuación: $ATT = \pi r^2$, donde "r" corresponde al radio de tronco. Esta medición fue realizada a todos los árboles de cada repetición, durante el mes de septiembre de 2010, una vez que las plantas fueron cosechadas.

Contenido de clorofila: luego de finalizado el periodo de estudio y cosecha, se midió el contenido de clorofila de las hoja mediante un equipo portátil SPAD (Minolta). Esta medición fue realizada en el mes de enero de 2011, a todos los árboles de cada repetición.

Características de postcosecha: de cada tratamiento se envió una muestra de 20 Kg de fruta a Laboratorio de Postcosecha de INIA la Platina para análisis de características de postcosecha. A la llegada se tomó una muestra al azar por cada tratamiento y se determinó el peso promedio por fruto, el porcentaje de materia seca, porcentaje de aceite y firmeza. El porcentaje de materia seca total se midió con muestras de frutas mantenidas en estufa a 60°C con vacío hasta peso constante; una vez alcanzado el peso se determinó el porcentaje de materia seca de la muestra seca respecto del peso fresco de la misma muestra. La medición del porcentaje de aceite se realizó a los frutos a través de la determinación del porcentaje de materia de la muestra según la técnica descrita por Esteban (1993). La firmeza se midió con un penetrómetro Effegi realizando mediciones en las dos caras opuestas de la zona ecuatorial de cada fruto (15 en total) con la previa remoción de la cáscara. Una vez realizadas las evaluaciones a la llegada de la fruta, se realizó una simulación de embarque de 25, 35 y 45 días, periodo durante el cual se mantuvo una muestra de fruta almacenada a 5°C en cámara de frío. Terminado cada periodo se determinó la firmeza de 15 frutos para cada tratamiento.

Análisis de los datos

Los datos se expresan como medias. El efecto de los tratamientos en producción, peso de fruto, porcentaje de aceite, porcentaje de materia seca, firmeza y área transversal de tronco fueron analizados con un análisis ANOVA de una entrada. Las diferencias de media fueron determinadas mediante un test Tukey para rendimiento y peso de fruto (distribución de calibres), y mediante un test Waller-Duncan K-Ratio para peso de fruto, porcentaje de aceite, porcentaje de materia seca, firmeza y área transversal de tronco. Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el programa SAS (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA).

RESULTADOS

Humedad del suelo: Los volúmenes de agua fluctuaron entre 8.167 m³/ha y 20.008 m³/ha (Cuadro N° 1). La humedad de suelo se mantuvo dentro del rango considerado entre el umbral de riego y capacidad de campo, para los tratamientos T0 y T2. En el tratamiento T1 se observaron situaciones de humedad al límite y bajo el umbral de riego, sobre todo en meses de verano (diciembre, enero, febrero). En el tratamiento T3, se observó que el nivel de humedad del suelo sobrepasó el nivel de capacidad de campo con mayor frecuencia que el resto de los tratamientos (datos no presentados). En figura 1 se observa un ejemplo de registro de humedad de suelo obtenido con sonda FDR.

Crecimiento y contracción de tronco: en una primera etapa del experimento (noviembre-diciembre) no se observaron mayores diferencias en la tasa de crecimiento de tronco expresada como la pendiente de la ecuación de la recta graficada en el periodo, a partir de los datos obtenidos por dendrometría (Figura 2). Sin embargo ya en esta primera etapa se observan diferencias en la amplitud de crecimiento diario de tronco dado por la diferencia entre la dilatación y contracción máxima de cada día ($\Delta D - C$) (Cuadro 2). En la figura 2 se puede apreciar que esta amplitud es menor en el tratamiento T3 lo cual indicaría un menor estrés hídrico en estas plantas. En una segunda etapa (diciembre-febrero), se observaron diferencias tanto en tasa de crecimiento como en $\Delta D - C$ (Figura 3, Cuadro 2). Es posible apreciar en esta etapa que la mayor tasa de crecimiento y menor $\Delta D - C$ se presenta en T3, seguido de T2 y T0. T1 muestra una menor tasa de crecimiento y mayor $\Delta D - C$. En la tercera etapa (marzo- junio) se perdió información del T0 y parte del T3. Sin embargo, con la información disponible se puede observar una mayor tasa de crecimiento de T2 comparado con T1 y T3. En este periodo no se aprecian mayores diferencias en $\Delta D - C$.

Rendimiento: se observaron diferencias significativas de rendimiento promedio de producción de frutos por árbol entre los tratamientos T0 y T2 (ver cuadro 3). En este cuadro se observa que el T0 produjo un promedio de 14.8 Kg por árbol, mientras el T2 produjo más del doble de fruta. No se observan diferencias con el resto de los tratamientos.

Distribución de calibres: respecto al tamaño de fruta, expresado como calibre, se observaron diferencias en su distribución, lo cual se reflejó en los calibres 60, 40 y 36 (Figura 5). En el tratamiento T1 se observó una mayor proporción de calibres menores (calibre 60) y las menores cantidades de fruta de calibre mayor (calibres 36 y 40). El tratamiento T3 por su parte, mostró una significativa mayor proporción de fruta calibres 36 y 40 respecto al tratamiento T1, y una menor proporción de fruta calibre 60. Todos los tratamientos mostraron una mayor concentración de fruta en los calibres 60, 50 y 40.

Área transversal de tronco y contenido de clorofila: en términos de crecimiento y contenido de clorofila, los árboles no mostraron diferencias de área transversal de tronco y contenido de clorofila foliar luego de una año completo de tratamiento (cuadro 4).

Características de postcosecha: las características de la fruta inmediatamente después de la cosecha se aprecian en el cuadro 5. En este se puede observar que en ese momento sólo existieron diferencias significativas respecto al peso promedio de fruto de la muestra recibida, donde frutos del tratamiento T1 presentaron un peso promedio significativamente menor a los frutos del T3. Los parámetros % de Aceite, % Materia seca y Firmeza (día cero) no mostraron diferencias significativas.

Respecto a las características de postcosecha, luego de un periodo de simulación de embarque (fruta almacenada a 5°C durante 25, 35 y 45 días) se observaron diferencias de firmeza sólo luego de la simulación a 45 días. A los 45 días de embarque el tratamiento T0 muestra una significativa menor firmeza respecto del tratamiento T1 (cuadro 6).

DISCUSIONES

Los resultados presentados muestran que luego de un año de tratamientos con diferentes volúmenes o cargas de agua, existen parámetros fisiológicos, de producción y calidad de fruta que se ven afectados significativamente.

Como efecto de los tratamientos se observaron diferencias en la contracción y tasa de crecimiento de tronco, lo cual se explicaría por el estrés que posiblemente causó en las plantas la aplicación de una menor tasa de riego (T1) y un exceso de riego (T3). Aunque en un comienzo T3 mostró menor contracción de tronco y una mayor tasa de crecimiento en una segunda etapa, en la tercera etapa se observó una disminución de la tasa de crecimiento, la cual estuvo debajo de los tratamientos T1 y T2. T1 mostró una baja tasa de crecimiento durante todo el periodo de estudio, lo cual podría explicar los menores calibres encontrados a la cosecha; por su parte T3 mostró una mayor proporción de calibres grandes, lo cual podría explicarse por el menor estrés y alta tasa de crecimiento ocurridas en la primera y segunda etapa de crecimiento. Cabe destacar que el tamaño del fruto se define en gran medida en la tasa de crecimiento de la primera etapa (Lahav y Kalmar, 1977), lo cual explicaría estos resultados. La menor tasa de crecimiento y mayor contracción de troncos observados en T1 en las primeras etapas del estudio coinciden con resultados obtenidos anteriormente, en un trabajo realizado en un huerto de paltos en ladera de cerro (Ferreira et al. 2010). En ese trabajo se observó que luego de 13 días de sequía ocurrió una mayor contracción de tronco a medio día respecto de los árboles regados normalmente.

Otros parámetros como contenido de clorofila y área transversal de tronco no mostraron diferencias luego de un año de producción. Aparentemente las tasas de riego aplicadas no afectaron la biosíntesis de clorofila ni la biomasa del tronco, o bien no fueron lo suficientemente estresantes como para gatillar la producción de etileno asociada a una clorosis generalizada de las hojas como producto del estrés.

La producción, tamaño de fruta y características de la fruta después de cosecha y simulación de envío en barco sí mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Respecto a la producción se observó un mayor rendimiento en los árboles correspondientes al tratamiento T2, mientras que los árboles testigo (T0) presentaron una significativa menor producción. Cabe destacar que de acuerdo a Lahav y Whitley (2002) el rendimiento del palto presenta una curva de producción en la cual se observa una reducción del rendimiento a medida que disminuye la tasa de riego aplicada. En esa curva de producción el rendimiento se ve afectado desde que la tasa aplicada es menor a 600 mm por hectárea al año. En este primer periodo de evaluaciones esto no se observó. La mayor producción obtenida en T2 podría explicarse por el hecho de ser un tratamiento moderadamente estresante y posiblemente inductor de floración. Es posible que la tasa considerada como testigo (T0) haya significado un exceso de agua y por lo tanto causar problemas en la producción.

Respecto al tamaño de fruta, la distribución de calibres del tratamiento T1 mostró una mayor proporción de fruta pequeña respecto del tratamiento T3; además de esto, el peso promedio de fruto de T1 fue significativamente menor que T3. El menor tamaño de los frutos de T1 podría explicarse por un efecto del estrés hídrico en el calibre, tal como lo reportara previamente Adato y Levinson (1988) y Michelakis et al. (1993).

El comportamiento de la fruta en postcosecha mostró diferencias en cuanto a firmeza medida luego de 45 días de viaje, donde el tratamiento control (T0) presentó una significativamente menor firmeza al desembarque. El exceso de agua podría provocar una menor firmeza al desembarque debido a que la falta de oxígeno en el suelo gatilla la producción de ACC (1-aminociclopropane-1-carboxylic acid), precursor de etileno (Bradford and Yang, 1980) y una reducción de la síntesis de citoquininas y giberelinas en las raíces (Kramer and Boyer, 1995), lo cual puede traducirse en un adelanto de la senescencia de órganos en la planta, como por ejemplo los frutos. Esto debiera verse reflejado también en T3, sin embargo esto no ocurrió.

Un estudio similar realizado por Arpaia (1989) evaluó el efecto de 3 tasas de riego (80% ETo, 100%ETo y 120% de la ETo) en la postcosecha de frutos de palto. En este estudio se determinó

que al momento de la cosecha, la fruta obtenida a partir del tratamiento 120% ETo era levemente más firme que aquella del tratamiento 80% ETo. Después de 3 semanas de almacenaje en frío se observaron significativas diferencias en cuanto a firmeza de fruto, donde frutos obtenidos del tratamiento 120% ET mostraron menor firmeza que 80% ETo, confirmando lo observado en el presente estudio. A partir de ese estudio también se concluyó que un 20% de reducción de la carga de agua no necesariamente afecta la calidad de la fruta (Arpaia, 1989). En el presente estudio el tratamiento T2, que presentó una mayor producción respecto del resto, no presentó diferencias de firmeza luego de 45 días de almacenaje respecto de T1 y T3, confirmando lo concluido por Arpaia (1989).

Los resultados preliminares presentados en este trabajo muestran que aplicando una tasa de 77% de la ETo durante 11 meses no afectarían mayormente la producción ni calidad de fruta en palto cv. Hass, permitiendo un ahorro de agua y energía, sobre todo en huertos cultivados en ladera de cerro.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es financiado por el programa FONTAGRO. Agradecemos a la agrícola los Portones y al Sr. Gonzalo Bulnes por su colaboración en este estudio. Agradecemos a César Lipa por su colaboración en el análisis de datos de dendrometría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adato, I., Levinson, B. 1988. Influence of daily intermittent drip irrigation on avocado (cv. Fuerte) fruit yield and trunk growth. *Journal of Horticultural Science* 63: 675-685.

Arpaia, M.L. 1989. Avocado Fruit Quality as Influenced by Preharvest Cultural Practices California Avocado Society 1989 Yearbook 73:49-52.

Bradford, K.J., Yang, S.F. 1980. Xylem transport of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, an ethylene precursor, in waterlogged tomato plants. *Plant Physiol.* 65:322-326.

Bower, J.P, Cutting, J.G.M. 1988. Avocado fruit development and ripening physiology. *Horticultural Reviews* 10, 229-261.

Esteban, P.C. (1993). Estimación del contenido de aceite a través de la humedad y su relación con la palatabilidad en frutos de paltos de las variedades: Negra de la cruz, Bacon, Edranol y Hass, desde la última etapa de desarrollo hasta madurez fisiológica. Tesis Ing. Agr., Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. 36 p.

Ferreya, R., Sellés, G., Celedón, J., Maldonado, P., Torres, A., Gil, P. 2007. Effect of the soil air content in the water status and development of avocado. Proc. Sixth World Avocado Congress, Viña del Mar, Chile.

Ferreya, R., Sellés, G., Maldonado, P., Celedón, J., Gil, P. Barrera, C., Haberland, J., Martínez, M..2010. Sensibilidad y variabilidad de indicadores del estado hídrico de las plantas en paltos Actas, VI Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola - CIACH 201", 11 - 13 Enero 2010, Chillán, Chile.

F. Gardiazabal, C. Magdahl, F. Mena, C. Wilhelmy. Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) para paltos cv. Hass en Chile. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003. pp. 329-334.

Kalmar, D. y Lahav, E. 1977. Water requirements of avocado in Israel. I. Tree and soil parameters. *Aust. J. Agric. Res.* 28, 859-68.

Kramer, P., Boyer, J. 1995. *Water Relations of Plants and Soils*. Academic Press, San Diego, CA, 495 p.

Lahav, E., Kalmar, D. 1977. Water Requirements of Avocado in Israel. II. Influence on Yield, Fruit Growth and Oil Content. *Aust. J. Agric. Res.*, 1977, 28, 869-77.

Lahav and Whiley, 2002). Irrigation and mineral nutrition. . In: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (eds) *Avocado: Botany, Production and Uses*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 259-297 pp.

Michelakis, N., Vougioucalou, E., Clapaki, G. 1993. Water use, wetted soil volume, root distribution and yield of avocado under drip irrigation. *Agricultural water management* 24: 119-131.

Richards, S.J., Warneke, J.E., Bingham, F.T. 1962. Avocado tree growth response to irrigation. *California Avocado Society Yearbook* 46, 83-87.

Schaffer, B., Anderson, P.C., Ploetz, R.C. 1992. Responses of fruit trees to flooding. *Hort. Reviews* 13:257-313.

Schaffer, B. y Whiley, AW. 2002. Environmental physiology. In: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (eds) *Avocado: Botany, Production and Uses*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp 135-160.

Stolzy, L.H., Zentmyer, G.A., Klotz, L.J., Labanauskas, C.K. 1967. Oxygen diffusion, water, and *Phytophthora cinnamomi* in root decay and nutrition of avocados. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 90:67-76.

Whiley, A.W. 1994. Ecophysiological studies and tree manipulation for maximization of yield potential in avocado (*Persea americana* Mill.). PhD thesis. University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa.

Whiley, A.W., Saranah, J.B., Cull, B.W., Pegg K.G. 1988. Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. *Queensland Agricultural Journal* 114: 29-36.

Wolstenholme, B.N, Whiley, A.W., Saranah, J.B. 1990. Manipulating vegetative: reproductive growth in avocado (*Persea americana* Mill.) with paclobutrazol foliar sprays. *Scientia Horticulturae* 41:315-327.

Zude-Sasse, M., Schaffer, B. 2000. Influence of soil oxygen depletion on iron uptake and reduction in mango (*Mangifera indica* L.) roots. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 113: 1-4.

CUADROS

Cuadro 1. Evapotranspiración (ET₀, mm) y volúmenes netos de agua aplicada por cada tratamiento de riego (m³/ha).

| Año | Eto (mm/día) | Etc (mm/día) | Agua aplicada (m ³ ha ⁻¹) | | | |
|---------|-----------------|-----------------|--|-------|--------|--------|
| | | | T0 | T1 | T2 | T3 |
| Oct2009 | 1520.4 | 1137.1 | 16,741 | 8,167 | 11,841 | 20,008 |
| Oct2010 | | | | | | |
| % Eto | | | 110% | 65% | 77% | 132% |

Eto = Evapotranspiración de referencia, Etc = evapotranspiración del cultivo

Cuadro 2. Diferencia diaria entre dilatación máxima de tronco y contracción máxima de tronco expresada en micras (µm).

| Tratamiento | Δ (Dilatación máxima de tronco - Contracción máxima de tronco), µm | | |
|-------------|--|-----------------------|--------------|
| | Nov-Dic 2009 | Dic 2009- Feb 2010 | Mar-Jun 2010 |
| T0 | 22.2 ± 1.03 | 15.4 ± 1.23 | S/I |
| T1 | 20.6 ± 1.07 | 19.5 ± 0.73 | 8.6 ± 0.52 |
| T2 | 23.2 ± 1.45 | 17.3 ± 1.19 | 9.2 ± 0.63 |
| T3 | 6.4 ± 0.43 | 9.4 ± 0.27 | 6.5 ± 1.51 |

Cuadro 3: Rendimiento promedio de fruta en árboles tratados. Los valores expresados representan la media del rendimiento de 3 repeticiones por tratamiento. Cada repetición se compone de 16 árboles. Las diferentes letras indican diferencias estadísticas entre tratamiento (Tukey Test, P ≤ 0.05).

| Rendimiento por árbol (Kg) | |
|----------------------------|---------|
| T0 | 14.8 b |
| T1 | 32.1 ab |
| T2 | 37.1 a |
| T3 | 26.3 ab |

Cuadro 4: Nivel de clorofila en las hojas y área transversal de tronco en árboles tratados. Mismas letras indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos (Waller-Duncan Test, P ≤ 0.05).

| | Índice SPAD | ATT (cm ²) |
|----|-------------|------------------------|
| T0 | 60.2 a | 5873.7 a |
| T1 | 69.4 a | 6679.5 a |
| T2 | 57.6 a | 6386.5 a |
| T3 | 59.4 a | 5970.0 a |

Cuadro 5: Características de postcosecha de paltas obtenidas de los diferentes tratamientos. Momento de medición: inmediatamente después de cosecha. Las diferentes letras indican diferencias estadísticas entre tratamiento (Waller-Duncan Test, $P \leq 0.05$).

| | Peso (g) | % Aceite | % Mat. Seca | Firmeza día 0 (Lb) |
|----|-----------|----------|-------------|--------------------|
| T0 | 257.4 ab | 12 a | 28.1 a | 61 a |
| T1 | 218.67 b | 11.9 a | 28 a | 62.5 a |
| T2 | 243.37 ab | 11.8 a | 27.7 a | 61.3 a |
| T3 | 265.7 a | 9.1 a | 23.2 a | 61.6 a |

Cuadro 6: Firmeza de fruto de los diferentes tratamientos luego de 25, 35 y 45 días de almacenamiento en frío. Las diferentes letras indican diferencias estadísticas entre tratamiento (Waller-Duncan Test, $P \leq 0.05$).

| | Firmeza día 25 (Lb) | Firmeza día 35 (Lb) | Firmeza día 45 (Lb) |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|
| T0 | 53.3 a | 38.8 a | 6.17 b |
| T1 | 55.7 a | 34.5 a | 18.1 a |
| T2 | 55.1 a | 27.6 a | 12.8 ab |
| T3 | 47.8 a | 31.5 a | 15.7 ab |

FIGURAS

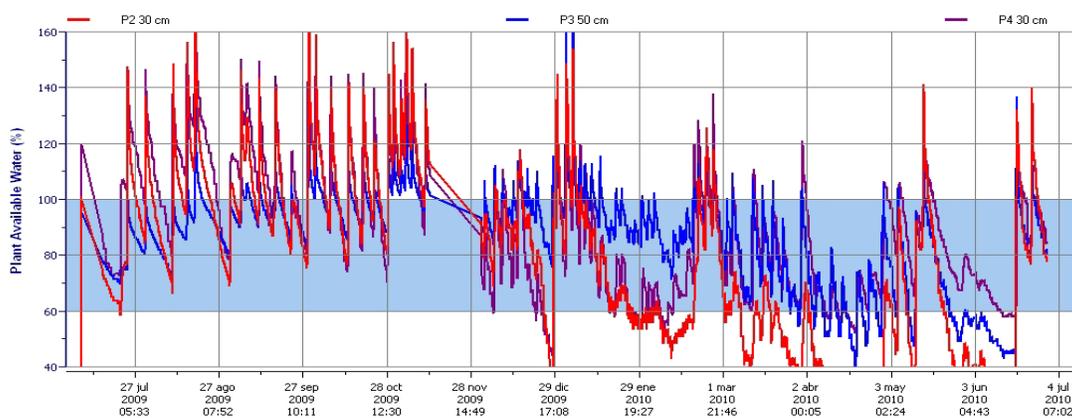


Figura 1. Registro de humedad tomado con sonda FDR en tratamiento T0. En franja celeste se aprecia rango de humedad entre capacidad de campo (100%) y umbral de riego (60%).

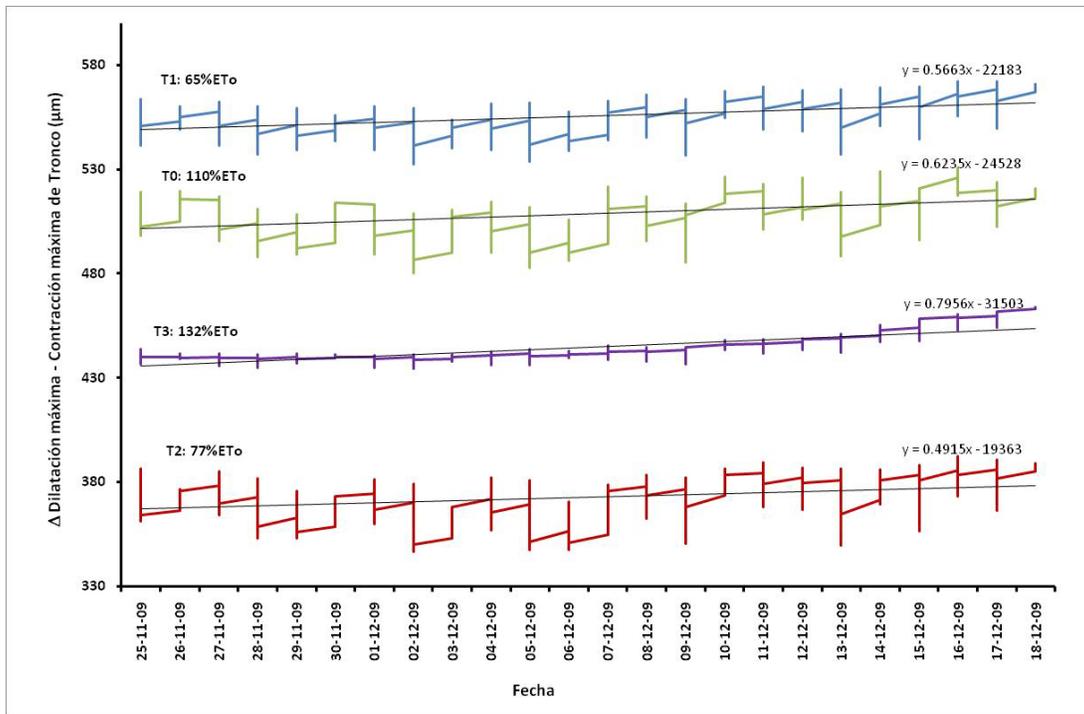


Figura 2. Crecimiento, contracción y dilatación de tronco en palto cv. Hass, noviembre a diciembre de 2009.

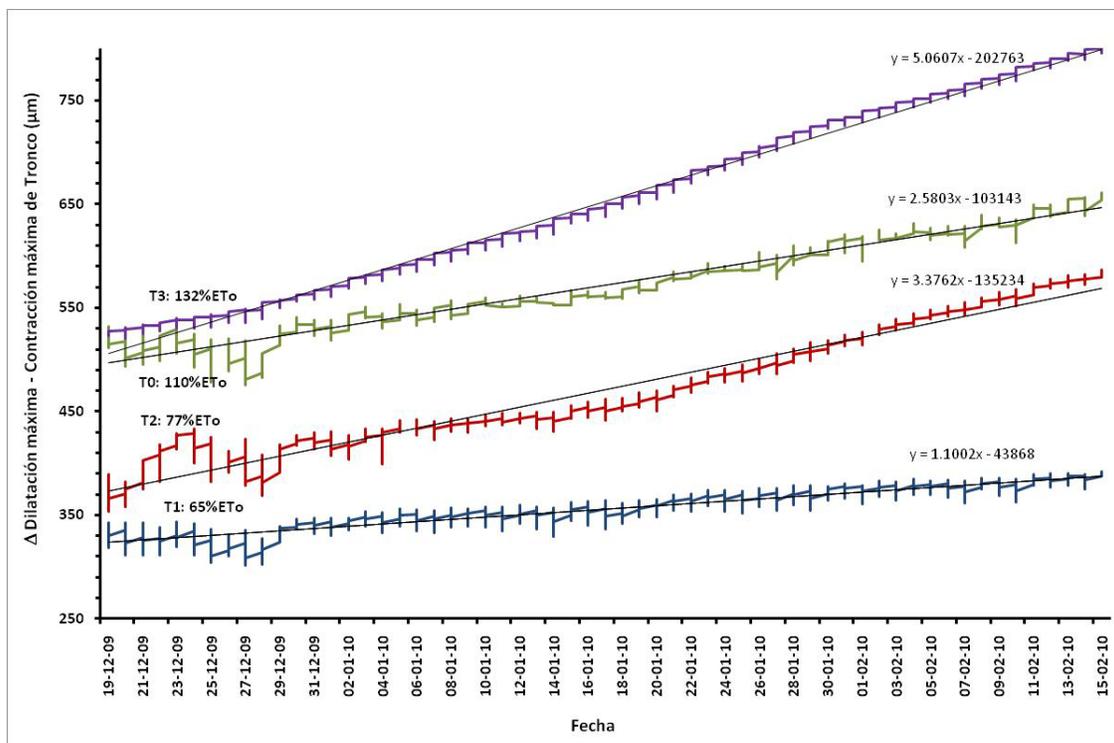


Figura 3: Crecimiento, contracción y dilatación de tronco en palto cv. Hass, diciembre de 2009 a febrero de 2010.

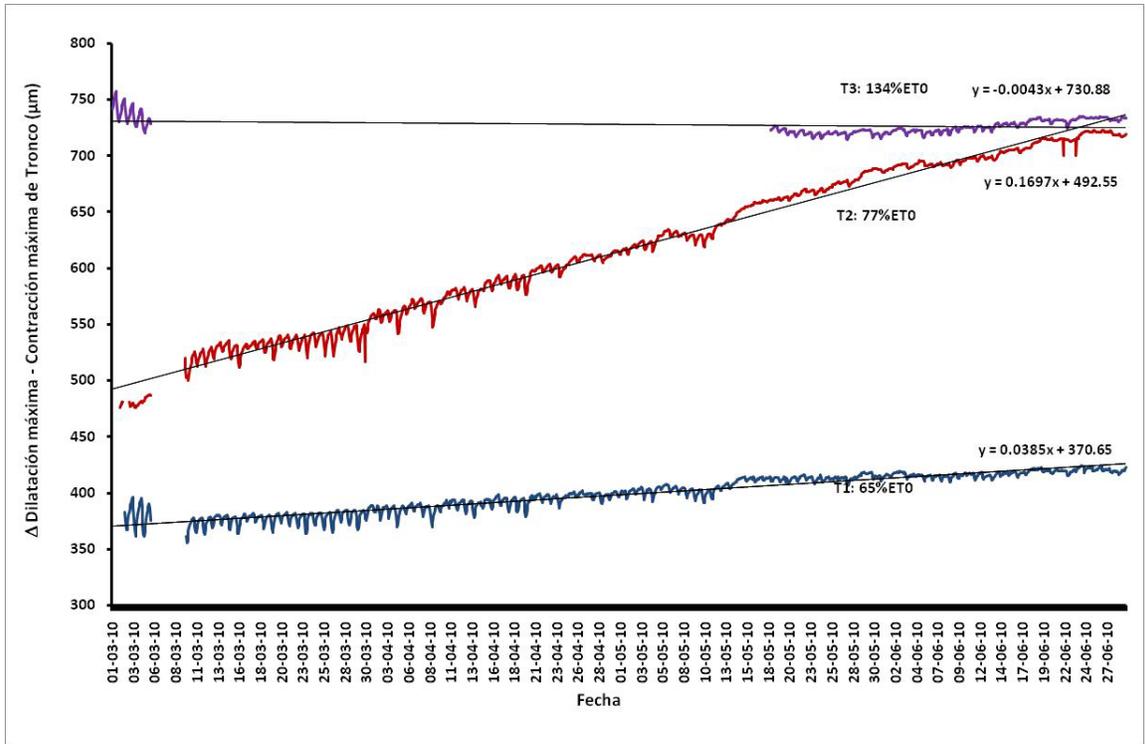


Figura 4: Crecimiento, contracción y dilatación de tronco en palto cv. Hass, febrero a junio de 2010.

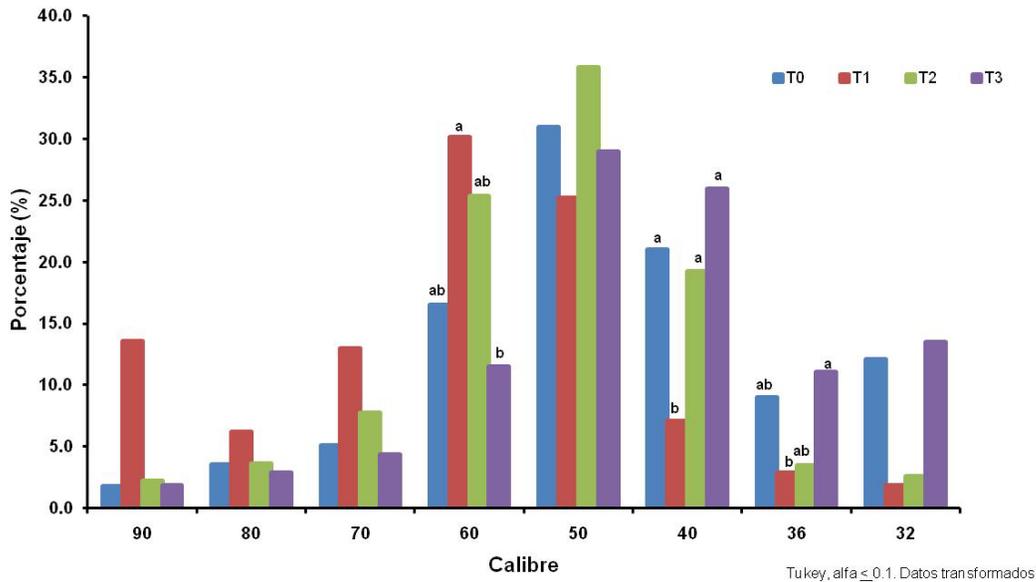


Figura 5: Distribución de fruta por calibres en porcentaje según tratamiento de riego. Diferentes letras por cada calibre indican diferencias estadísticas entre tratamientos (datos transformados para normalidad) (Tukey Test, $P \leq 0.05$).