

EFFECTO DEL CONTENIDO DE AIRE EN EL SUELO EN EL ESTADO HIDRICO Y DESARROLLO DEL PALTO

R. Ferreyra¹, G. Selles², P. Maldonado¹, J. Celedón¹, P. Gil¹, C. Barrera¹ y A. Torres¹.

¹Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional V Región, Chorrillos 86, La Cruz; Chile. ²Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional La Platina. Santa Rosa 11610, Santiago, Chile. Proyecto financiado FDI.

El palto en sus orígenes se desarrolló en suelos andisoles, los cuales se consideran como óptimos para su crecimiento debido a las propiedades físicas que presentan, baja densidad aparente (0,5-0,8 g cm⁻³) y alta capacidad de aire, (alrededor del 46%). En Chile las plantaciones de palto están ubicadas principalmente en suelos de textura fina con densidades aparentes entre 1,3 a 1,5 g cm⁻³ y con capacidad de aire, inferiores al 20%. Debido a lo anterior, se presentan serios problemas de asfixia radicular, situación responsable en gran medida de los bajos niveles de producción que presenta esta especie. El objetivo de este trabajo fue generar información que permita optimizar la relación aire – agua en el suelo a través del conocimiento del efecto que tiene la macroporosidad del suelo en el estado hídrico y crecimiento del palto.

El ensayo se llevó a cabo durante la temporada 2004-05. Las plantas utilizadas fueron paltos, variedad Hass, sobre patrón Mexícola, con dos años de edad. Los tratamientos fueron T0: suelo franco; T1: suelo arenoso; T2: suelo franco arenoso y T3: suelo franco arcilloso. Se pudo establecer que niveles de aire en el suelo inferiores a 17% afectaron la conductancia estomática, pero no el potencial hídrico xilemático. Que un contenido de aire en el suelo inferior al 17% limita la tasa de difusión de oxígeno bajo 20 µg cm⁻² min⁻¹, valor que afectó el desarrollo del palto. Por otra parte se obtuvieron relaciones entre la macroporosidad y el contenido de etileno, O₂ y CO₂ en la atmósfera del suelo.

Palabras clave: Aireación, aguacate, conductancia estomática, potencial hídrico xilemático.

EFFECT OF AIR CONTENT OF SOIL ON AVOCADO TREE WATER STATUS AND GROWTH

R. Ferreyra¹, G. Selles², P. Maldonado¹, J. Celedón¹, P. Gil¹, C. Barrera¹ and A. Torres¹.

¹ Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional V Región, Chorrillos 86, La Cruz; Chile. Correo electrónico: rferreyr@inia.cl

² Instituto Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional La Platina. Santa Rosa 11610, Santiago, Chile. Proyecto financiado INNOVA- CORFO

Avocado trees evolved in andosol soils, which are considered the optimum type for tree growth due to their physical properties, mainly low bulk density ($0.5 - 0.8 \text{ g cm}^{-3}$) and high macro porosity (approx. 46%). In Chile, avocado plantations are mostly located in fine textured soils, with bulk densities between 1.3 and 1.5 g cm^{-3} and macro porosities below 20%. Due to these soil conditions, severe problems of poor root aeration are observed, which in part may reduce production levels of the crop. The objective of this research was to study the effect of soil aeration in the root zone on avocado water status. The ultimate goal of this study was to generate information for developing irrigation management strategies for avocado orchards that optimize both air and water distribution in the soil.

The study was conducted during the 2004/05 production season. Two-year-old 'Hass' trees on Mexicola rootstock were used for the study. The treatments were T0: loam soil; T1: sandy soil; T2: sandy loam soil; T3: clay loam soil. Results showed that air levels in soil between 5% and 18% affected stomatal conductance but not stem water potential. Soil air content below 17% reduced the oxygen diffusion rate below $20 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, which is the threshold value for normal avocado tree development. In addition, macro porosity and ethylene content, and O_2 and CO_2 in the soil atmosphere were correlated.

Keywords: Aeration, avocado, stomatal conductance, steam water potential.

1. INTRODUCCIÓN

Los rendimientos bajo condiciones ambientales favorables se pueden mantener por sobre las 22 ton/ha (Whiley et al. 1988). En Chile hay huertos que mantienen producciones estables de alrededor de 25 ton/has, sin embargo el rendimiento promedio de los huertos adultos están alrededor de las 9 ton/has.

El palto en sus orígenes se desarrolló en suelos Andisoles derivados de cenizas volcánicas, los cuales se consideran como óptimos para su crecimiento, debido a las propiedades físicas que presentan, las cuales se caracterizan por su baja

densidad aparente (0,5-0,8 g/cm³), alta macroporosidad (46%), alto contenido de materia orgánica y pH ácidos (5 a 6) (Aguilera et al. 1991). En Chile las plantaciones de palto están ubicadas principalmente en suelos de textura fina, de tipo alfisoles, con densidades aparentes entre 1,3 a 1,5 g/cm³ y con macroporosidad baja del orden del 15%.

Debido a que el palto evolucionó en suelos con alta macroporosidad (andisoles) y alta pluviometría las raíces son poco profundas, extensamente suberizadas, con baja conductividad hidráulica, con baja frecuencia de pelos radicales, con alto requerimiento de oxígeno y una captación de agua relativamente pobre. Por lo anterior, cortos períodos de falta de oxígeno normalmente derivan en la inhibición de la expansión de las hojas, en reducción del crecimiento de la raíz y de los brotes, en necrosis de la raíz y en una moderada a severa abscisión de hojas (Stolzy et al., 1967; Schaffer et al., 1992).

Otros factores de estrés que inciden en la baja productividad del palto, son el añerismo, salinidad, fertilidad, emboscamiento, etc, pero sin duda, el mal manejo del riego asociado a suelos limitantes, (condiciones ambientales desfavorables), es el factor más importante de la productividad de este cultivo. El problema antes indicado, se podría enfrentar utilizando patrones tolerantes a falta de aire en el suelo y técnica de manejo de riego que optimicen la relación agua aire en la zona de raíces. Sin embargo, hasta hoy no se dispone de información que indique cómo responden los diferentes patrones existentes ante este problema ya que sólo se han evaluado considerando otros aspectos como la resistencia a *Phytophthora* y salinidad. Algo similar ocurre con las técnicas para optimizar la relación agua/aire en el suelo.

Debido a lo anterior el objetivo de este trabajo es generar información que permita optimizar la relación aire/agua en el suelo para mejorar los rendimientos del cultivo del palto *Persea americana* Mill, a través de la optimización del manejo del riego, específicamente en lo referente con los niveles de difusión de oxígeno y macroporosidad, en los cuales se afecta el estado hídrico y crecimiento de la planta.

2. MATERIALES Y METODO

Este trabajo es parte de una publicación presentada en Acta Horticulturae, Ferreyra et al., 2007 (en prensa).

Antecedentes del experimento: El ensayo se llevó a cabo durante la temporada 2004-2005 en Limache, V Región (32°59' lat. Sur; 71°16' long. Oeste). Las plantas utilizadas fueron paltos (*Persea americana* Mill), variedad Hass, injertados sobre patrón Mexicola, con dos años de edad. Los árboles se plantaron a una distancia de 2 x 2 metros en macetas de polietileno negro de 50 litros. Las plantas se regaron

por goteo, con un emisor por planta de 4 l/h. Los riegos se aplicaron en forma frecuente, 6 pulsos en el día, de manera de mantener altos contenidos de humedad en el suelo.

Tratamientos: Las plantas se establecieron en cuatro suelos de distinta textura, cada una de ellas correspondió a un tratamiento. T0: Maceta con suelo franco. (F); T1: Maceta con suelo arenoso. (a); T2: Maceta con suelo franco arenoso. (Fa); T3: Maceta con suelo franco arcilloso. (FA). En el ensayo se utilizaron 24 plantas en un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones.

Mediciones:

Contenido de aire y física de suelo: Para determinar el contenido de aire del suelo se midió la humedad de este con un equipo Frequency Domain Reflectometry (FDR), Diviner 2000, entre los 20 a 40 cm de profundidad una vez por semana. Además se midió la porosidad total del suelo, la densidad aparente y la macroporosidad (espacio con aire a capacidad de campo). La porosidad total del suelo se obtuvo utilizando la metodología descrita por Danielson et al (1986); el espacio poroso a capacidad de campo según lo descrito por Ball et al (1991) y la densidad aparente del suelo a través del método del cilindro. Las variaciones de contenido de aire en el suelo se obtuvieron por diferencia entre la porosidad total y el contenido volumétrico de humedad de suelo (Gur et al 1979, Ferreyra et al 1985).

Estatus hídrico de la planta: Se midió el potencial hídrico utilizando el método de la cámara de presión en hojas cubiertas (Schakel et al 1997), con el objeto de determinar el potencial xilemático (Ψ_x). Estas mediciones se realizaron en tres hojas por repetición, a medio día (14 hrs) dos veces por mes, entre diciembre y enero. La conductancia estomática de las hojas (gs) se determinó utilizando un porómetro del tipo estado estable, marca Li-Cor LI- 1600. Las mediciones se realizaron en tres hojas por repetición, a medio día (14 hrs), con una frecuencia semanal.

Tasa de difusión de oxígeno y atmósfera de suelo. La tasa de difusión de oxígeno se midió utilizando un electrodo de platino de acuerdo a la metodología desarrollada por Letey et al (1964) al final de la temporada. La atmósfera del suelo se muestreó a través de "pozos de difusión" de acuerdo a la metodología descrita por Staley (1980). Para lo cual se instaló un tubo por cada maceta a 30 cm de profundidad. Las muestras se extrajeron a principio de marzo y fueron analizadas por cromatografía de gas para oxígeno, dióxido del carbono y etileno.

Índice de área foliar (IAF): las mediciones de IAF se realizaron mediante una espada de intercepción lumínica PAR.

Análisis de datos: Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante fue analizado mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y un test Tuckey

utilizado para separación de medias. Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de aire en el suelo. La variación del contenido de aire del suelo (Ea) en la temporada de riego se presenta en la figura 1. El Ea en los cuatro tratamientos, disminuyen paulatinamente durante la temporada, siendo los suelos francos (T0, T2 y T3) los que presentaron los menores valores (16.6, 22.7 y 18.0%) con respecto al suelo arenoso (T1, 32.4%). El Ea disminuyó hasta principio de octubre donde se estabilizó. A partir de esta fecha, se presentan los menores valores. Todos los tratamientos a excepción de T2 presentaron Ea inferiores a los encontrados cuando el suelo estaba a CC. El suelo franco (T0) a partir de octubre en promedio presentó Ea de 7,5%; el suelo franco arenoso (T2) un 20,4%; el franco arcilloso (T3) un 14,4% y el arenoso (T1) un 29,1 % aproximadamente.

Efecto del contenido de aire del suelo sobre el estatus hídrico de las plantas.

El efecto del contenido de aire del suelo sobre el estatus hídrico de las plantas se evaluó a través de potencial hídrico xilemático (PHx) y la conductancia estomática (gs).

- Potencial Hídrico Xilemático (PHx). En el cuadro 1 se presenta el PHx y el Ea de los diferentes tratamientos cuando se realizaron estas mediciones. En general los PHx fueron más negativos en la medida que transcurría la temporada, esto podría deberse al efecto que ejerce el déficit de presión de vapor sobre este indicador, sin embargo los valores variaron entre -0.33 y -0.66 Mpa lo cual indica que las plantas no estuvieron sometidas a estrés hídrico. Ferreyra *et al* (2006) señala que los valores de PHx a medio día en paltos Hass, con buen suministro hídrico, fluctúa entre -0.4 a -0,5 Mpa. Sterne *et al* (1977), señalan que el cierre estomático en la variedad Bacon ocurre cuando se alcanza un PHx de -1,2 MPa, a su vez, Bower, et al. (1978), señalan que en la variedad Edranol, los estomas se cierran a un PHx de -0,9 MPa. Como se indicó anteriormente, las plantas no estuvieron sometidas a estrés hídrico y el PHx no fue afectado por la disminución de aire en el suelo.

Conductancia estomática (gs). Los estomas responden a un importante número de factores, tanto ambientales como internos de la planta, por lo que su respuesta es compleja (Williams et al 1994), dentro de estos factores se pueden citar, el estado hídrico de la planta (potencial hídrico), el déficit de presión de vapor del aire (DPV), la temperatura, la radiación solar y la presencia de ácido absísico en las hojas (Williams et al 1994).

En el cuadro 2 se presenta valores promedio de gs para los períodos de menor y mayor crecimiento vegetativo. Los valores de gs son menores cuando el crecimiento vegetativo disminuye y son más alto durante el periodo de mayor crecimiento, esto podría atribuirse a un incremento de la demanda de asimilados por parte de la

planta durante esta etapa. Estudios realizados por Ferreyra *et. al* (2002) señalan que la gs en el cultivo del duraznero tendió a aumentar en la época de mayor crecimiento de frutos (fase III) respecto a las fases anteriores, lo que podría atribuirse a una mayor demanda de asimilados por parte de los frutos, que estimularía una mayor conductancia estomática (gs).

La gs promedio encontrada en suelo arenosos, con un Ea promedio de 29% es de 0.43 cm s^{-1} , en cambio en el suelo franco con un Ea promedio de 7.4% esta disminuye a 0.19 cm s^{-1} . Scholefield (1980) reportó valores de gs medidos a horas similares a las de este ensayo entre 0.22 y 0.28 cm s^{-1} con PHx -1.3 Mpa. El efecto de la Ea sobre la gs y no sobre el PHx se puede deber a que los estomas responden tanto al estado hídrico de la planta como a variables ambientales como señales no hidráulicas, provenientes del sistema radicular, las que pueden estar asociadas a la generación de ácido absísico, ABA (Glenn, 2000). Los resultados encontrados en PHx y gs concuerdan con lo señalado por Schaffer *et al.* 1992 quienes indican que la reducción de la transpiración causada por exceso de agua en el suelo es probablemente el resultado de una conductancia estomática reducida en lugar de un efecto hidráulico.

La sensibilidad del palto a condiciones de hipoxia y de déficit hídrico, en comparación con otras especies frutales leñosas, se ha explicado parcialmente como un conjunto de respuestas fisiológicas que ocurren rápidamente luego de que el suelo se satura o se seca, por un posible desbalance hormonal que involucra al ácido abscísico (ABA) (Sterne *et al.*, 1977, Bower *et al.*, 1978, Scholefield *et al.*, 1980 y Schultze, 1986). Sin embargo, publicaciones más recientes indican que la respuesta fisiológica a condiciones sub-óptimas de disponibilidad de agua pueden deberse a la disminución en la conductancia estomática y en la presión parcial de CO_2 en el espacio intercelular de las hojas, de acuerdo con los trabajos de Ploetz y Schaffer, (1989), Schaffer *et al.*, (1992) y Schaffer y Whiley, (2003).

Efecto del contenido del aire del suelo sobre la difusión del Oxígeno y la concentración de gases en la atmósfera del suelo.

Efecto del contenido del aire del suelo sobre la difusión del Oxígeno. El suelo arenoso (T1) registró una tasa la difusión de oxígeno (ODR) superior, en más de un 80 %, a la de suelos francos (T0, T2 y T3) (Figura 2), que presentaron valores inferiores a $0,2 \mu\text{g cm}^{-2}\text{min}^{-1}$. Estudio realizados han demostrado que las raíces de ciertas variedades de palto como son Scott, Duque, y Topa Topa, no crecieron cuando la tasa de difusión de oxígeno era menor a $0.2 \mu\text{g cm}^{-2} \text{min}^{-1}$ (Valoras *et al.* 1964). Por otra parte, Stolzy *et al.* (1967) informó que plantas de palto cv. Mexicola, que crecen en suelos con una tasa la difusión de oxígeno menores a $0.17 \mu\text{g cm}^{-2} \text{min}^{-1}$ tenían un 44 a un 100% de sus sistemas radicular dañado. Los tratamientos francos (T0; T2 y T3) están bajo este límite, lo que concuerda con las diferencias

encontradas en gs. En la figura 2 se puede apreciar que valores de ODR de $0.2 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ obtenidos cuando E_a es del orden del 17%.

Efecto del contenido del aire del suelo sobre la concentración de gases en la atmósfera del suelo. En la figura 3 se puede observar que en los suelos arenosos (T1) la concentración de CO_2 es inferior que en suelos francos (T0, T2 y T3). El porcentaje de CO_2 en los suelos arenosos no superó el 0,5% en cambio en los suelos francos este valor fue superior a 1%. Menge *et al* (2000) señala que concentraciones del orden de 0,03% de CO_2 se encuentran en suelos bien drenados favoreciendo el crecimiento del palto, mientras que los suelos pobremente drenados pueden presentar niveles cercanos a un 16%. El porcentaje de O_2 en suelo arenoso (T1) es del orden del 20%, en cambio en los suelos francos este valor fue inferior a 10 % (figura 3). Estudios realizados por Valoras (1964), señalan que plantas que crecen con niveles menores a 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. Esto también fue comprobado por Stolzy *et al.*, (1967) quien indica que niveles menores a un 5% de oxígeno en el suelo puede dañar y dar muerte a la raíz del palto.

- Efecto del contenido del aire del suelo sobre el crecimiento vegetativo de los paltos

En el cuadro 3 se aprecia el efecto de los tratamientos en el crecimiento del palto (IAF), donde se aprecia que las plantas que presentaron contenidos de aire sobre el 29% presentaron una mayor índice de área foliar que las que tenían un contenido de aire en el suelo igual o inferior al 22%

4. CONCLUSIONES

-Disminuciones del contenido de aire en la atmósfera de suelo, dentro de los rangos estudiados, afectan la conductancia estomática, pero no el potencial hídrico xilemático.

-Niveles de aire en el suelo entre 7% y 22% presentan conductancias estomáticas del orden de 0.23 cm s^{-1} y con niveles de aire en el suelo superiores, 29%, la conductancia se incrementa a valores del orden de los $0,43 \text{ cm s}^{-1}$.

-Suelos con macroporosidades de 29,87% presenta una mayor conductancia estomática que suelos con macroporosidades entre 14, y 17,3.

-Valores de contenido de aire en el suelo inferior al 17% limita la tasa de difusión de oxígeno bajo $20 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, la cual afectaría el crecimiento del palto.

- El mayor crecimiento de los paltos se obtuvo con un contenido de aire en el suelo cercano al 29%.

5. REFERENCIAS

Aguilera J., Salazar S.1991.The Avocado Industry in Michoacan, México. South African Avocado Growers' Association Yearbook . 14:94-97.

Ball, B; Smith, K. 1991. Gas movement en Smith, KK and Mullins, Ch (eds): Soil Analysis. Marcel Dekker, inc. 511-550..

Bower J., B. Wolstenholme y J. De Jager. 1978. Incoming solar radiation and internal water status as stress factors in avocado, *Persea americana* Mill., cv. Edranol. *Crop Production* 7: 129-133.

Danielson, y Sutherland 1986. Porosity. En: A. Klute (ed). *Methods of Soil Analysis. Part I – Physical and mineralogical methods* . Amer. Soc. of Agronomy. Pp 443-461.

Ferreira, R; Selles, G y Tosso J. 1985. Efecto de diferentes altura de agua sobre el cultivo del pimiento . *Influencia de los excesos de humedad. Agricultura Técnica (Chile)* 45 (1) 47-51.

Ferreira, R., Sellés, G, Lemus, G. 2002. Efecto del estrés hídrico durante la fase II de crecimiento del fruto del duraznero cv. Kakamas en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. *Agricultura Técnica. vol.62 nº.4, p.565-573.*

Ferreira, R; Selles, G; Maldonado P y Celedón J 2006. Efecto del clima, del material vegetal y de la forma de medición en el potencial hídrico xilemático en Palto (*Persea americana*) *Agricultura Técnica* 67: 182-188.

Glenn, D.M. (2000). Physiological effects of incomplete root-zone wetting on plant growth and their implication for irrigation management. *HortScience* 35:1041-1043.

Gur, A; Dasberg, S; Schkolnik; I. Sapir, E and Peled, M. 1979. The influence of method and frequency of irrigation on soil aeration and some biochemical responses of apple trees. *Irrigation Science* 1, 125-134

Ploetz, R; Schaffer, B. 1989. Effects of flooding and *Phytophthora* root rot on net gas exchange and growth of avocado. *Phytopathology* 78:1544.

Letey, J y Stolzy, L. 1964. Measurement of oxygen diffusion rates with the platinum microelectrode. 1. Theory and equipment. *Hilgardia* 35: 235-283.

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>

Schackel, K; Ahmadi, H; Biasi. W; Buchner, R; Goldhamer, D; Gurusinge, S; Hasey, J; Kester, D; Krueger, B; Lampinen, B; MCGourty, G; Micke, W; Mitcham, E; Olson, B; Pelletrau, K; Philips, H; Ramos, D; Schwankl, L; Sibbett, S; Snyder, R; Southwick, S; Stevenson, M; Thorpe, M; Weinbaum, S; Yeager, J. 1997. Plant water status as an index of irrigation needs in deciduous fruit trees. *Hort Technology* 7:23-29.

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

Schaffer, B; Whiley, A. 2003. Environmental regulation of photosynthesis in avocado trees; a mini review. *Actas V Congreso Mundial del Aguacate, Málaga, Novograf, Sevilla, España. p. 331-342.*

Scholefield, P., Walcott J., Kriedemann P., Ramadasan A. 1980. Some environmental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. *California Avocado Society Yearbook. 64: 93-106*

- Schultze, E. 1986. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought, the atmosphere and soil. *Annual Review of Plant Physiology* 37:247-274
- Staley, T. 1980. A point – source method for sampling soil atmospheres. *Transactions of the ASAE* 23, 580-584.
- Sterne R., Kaufmann M. y Zentmyer G.. 1977. Environmental effects on transpiration and leaf water potential in avocado. *Physiologia Plantarum* 41: 1-6.
- 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, I., Frolich F. 1964. The Oxygen Requirements for Root Growth of Three Avocado Varieties. *American Society for Horticultural Science*. 85:172-178.
- Whiley, A, Chapman W. y. Saranah J. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte during flowering. *Australian Journal of Agricultural Research* 39, 457–467.
- Williams, L, Dokoozlian, N; Wample, R. 1994. Grape. In *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. (Ed. B. Schaffer and P.C. Andersen). Boca Raton, CRC. pp. 86-122.

6. CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1. Efecto del contenido de aire en el suelo en el Potencial hídrico xilematico (PHx). Letras distintas indican que hubo diferencia significativa de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($\alpha=0.05$). PHx = Potencial hídrico xilematico,

Fecha	6-12-04	10-12-04	26-1-05	13-2-06	7-3-06
Tratamiento	PHx (MPa)				
T0	-0.34 a	-0.54 a	-0.51 a	-0,98 a	-1,08 a
T1	-0.37 a	-0.57 a	-0.49 a	-0,52 a	-0,79 a
T2	-0.36 a	-0.34 a	-0.55 a	-0,63 a	-0,95 a
T3	-0.33 a	-0.48 a	-0.66 a	-0,60 a	-1,12 a

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

CUADRO 2. Efecto del contenido de aire en el suelo en la conductancia estomatica (gs), contenido de aire del suelo (Ea). Letras distintas indican que hubo diferencia significativa de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($\alpha=0.05$).

Fecha	26-1-05	4-2-05	7-3-06	30-1-06	6-2-06	7-3-06
Tratamiento	Gs (cm s ⁻¹)					
T0	0,27a	0,1a	0,05 a	0,15 a	0,23 a	0,05 a
T1	0,72b	0,41b	0,50 b	0,90 b	0,72 b	0,50 b
T2	0,27a	0,21ab	0,28 ab	0,65 b	0,47 ab	0,28 ab
T3	0,30a	0,19ab	0,16 ab	0,54 ab	0,37 ab	0,16 ab

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

CUADRO 3. Efecto del contenido de aire en el suelo en el crecimiento del palto, expresado como Índice de Área Foliar (IAF). IAF (m²) medidos el 21/02/2006. Letras distintas indican que hubo diferencia significativa de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($\alpha=0.05$).

Tratamiento	IAF
T0	1,70 a
T1	4,74 b
T2	2,93 ab
T3	3,44 ab

(T0: suelo franco; T1: suelo arenoso; T2: suelo franco arenoso; T3: suelo franco arcilloso, T4: suelo arcilloso).

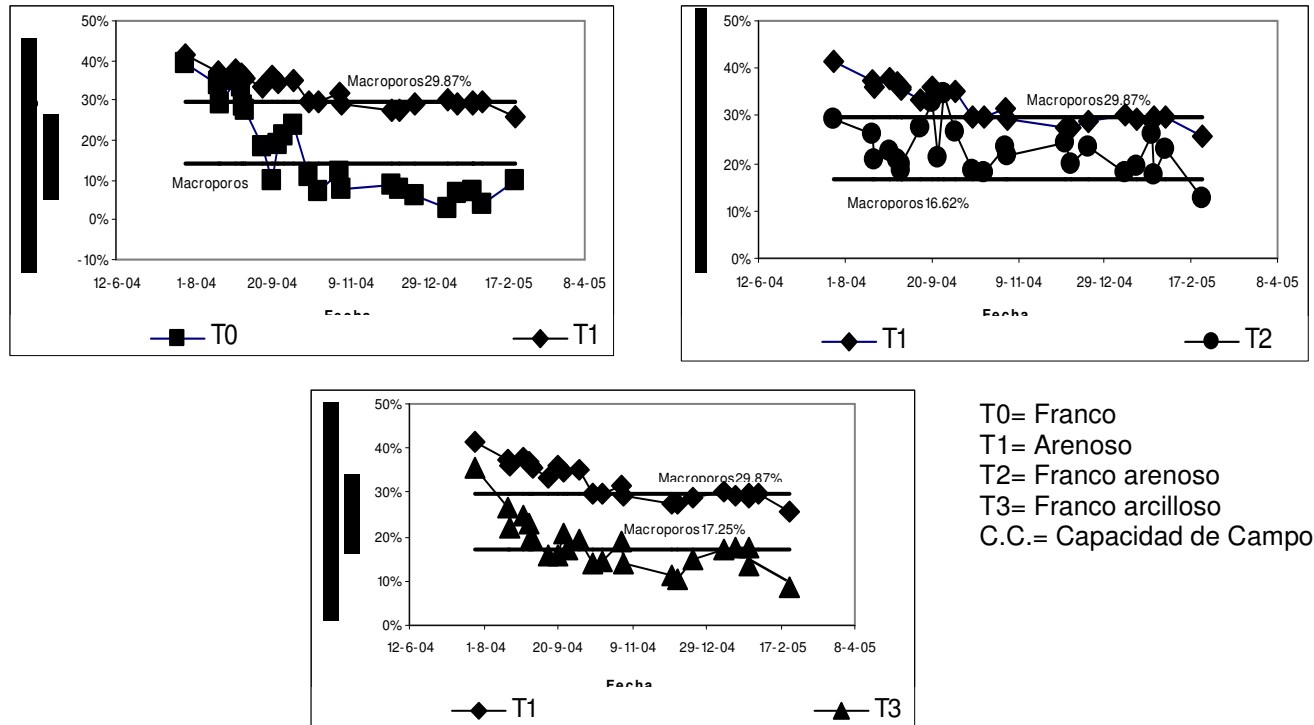
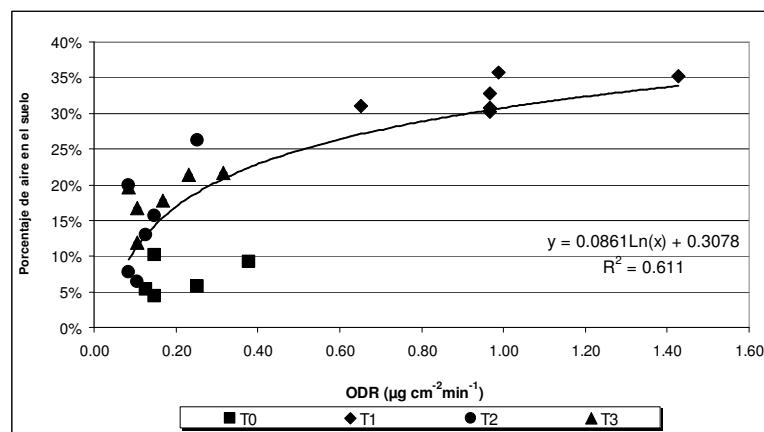
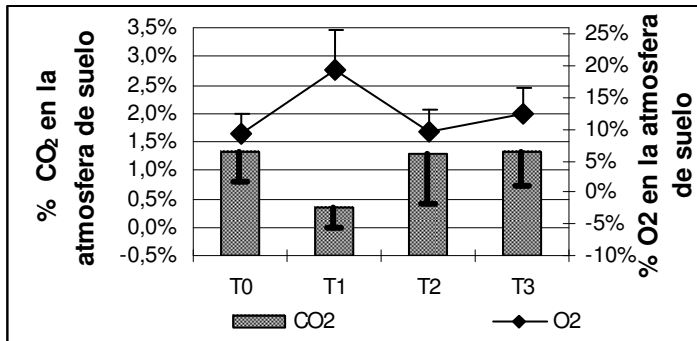


Figura 1. Variación del Contenido de aire (base volumen) %, durante la temporada del ensayo de los cuatro tratamientos.



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

Figura 2. Relación entre la difusión de Oxígeno (ODR) y el contenido de aire del suelo (Ea).



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

Figura 3. Concentración de CO₂ y O₂ la atmósfera de Suelo para los cuatro tratamientos del ensayo. Líneas verticales muestran la desviación estándar.