

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFECTO DE DIFERENTES PATRONES DE APLICACIÓN DEL AGUA Y  
PORCENTAJE DE VOLUMEN DEL SUELO MOJADO EN LA REPUESTA  
VEGETATIVA Y PRODUCTIVA DE ÁRBOLES JÓVENES DE DURAZNERO  
(*Prunus persica* L. Batsch) cv. “DIXILAND”**

**por**

**Pablo Gabriel MORALES MOLINA**

**TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de  
*Magister* en Ciencias Agrarias  
opción Ciencias del Suelo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2010**

Tesis aprobada por:

-----  
Nombre completo y firma

-----  
Nombre completo y firma

-----  
Nombre completo y firma

Fecha: -----

Autor: -----  
Nombre completo y firma

Director: -----  
Nombre completo y firma

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi director de tesis Mario García por la dirección del trabajo y la oportunidad de poder realizar la Maestría en Ciencias Agrarias en la opción Ciencias del Suelo. A mis compañeras de cátedra Lucía Puppo, Leticia Martínez, Raquel Hayashi y Lisette Bentancor por su apoyo y colaboración en las tareas de campo durante las tres temporadas de evaluación. Al funcionario Walter Marrero y al docente Antonio Formento por su colaboración en el mantenimiento y manejo del monte de duraznero donde se realizó la tesis. A los miembros del tribunal Alfredo Gravina, Danilo Cabrera y Claudio García por las correcciones y sugerencias para mejorar el trabajo final de la tesis. A los docentes del departamento de estadística Jorge Franco y Carlos Bentancor por su ayuda en la realización de los análisis estadísticos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....	VI
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 LA FRUTICULTURA Y EL CULTIVO DE DURAZNERO EN URUGUAY....	1
1.2 EL RIEGO EN FRUTICULTURA .....	2
1.2.1 <u>Patrón de mojado en los RLAF</u> .....	3
1.2.2 <u>Repuesta en frutales a diferentes patrones de mojado del suelo</u> .....	6
1.3 ANTECEDENTES NACIONALES .....	9
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	10
2.1 MATERIAL VEGETAL .....	10
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SUELO .....	10
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	11
2.4 RIEGO APLICADO, LLUVIAS Y ETC .....	11
2.5 MUESTREO DEL BULBO MOJADO Y MEDICIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO .....	12
2.6 PARÁMETROS EVALUADOS EN LOS ÁRBOLES .....	13
2.6.1 <u>Parámetros vegetativos</u> .....	13
2.6.2 <u>Parámetros fisiológicos</u> .....	14

2.6.3 <u>Crecimientos de frutos, producción y eficiencia de producción</u> .....	14
2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....	15
3. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	16
3.1 CLIMA Y RIEGO APLICADO .....	16
3.2 EVOLUCIÓN DE LA HUMEDAD EN EL SUELO .....	16
3.3 FORMA DE LOS BULBOS MOJADOS .....	19
3.4 EFECTO DEL PATRÓN DE MOJADO EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO .....	22
3.4.1 <u>Crecimiento de brotes</u> .....	22
3.4.2 <u>Crecimiento de la sección del tronco</u> .....	24
3.5 EFECTO DEL PATRÓN DE MOJADO EN POTENCIAL FOLIAR Y CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA .....	26
3.6 EFECTO DEL PATRÓN DE MOJADO EN LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS .....	28
3.6.1 <u>Crecimiento de los frutos</u> .....	28
3.6.2 <u>Rendimiento</u> .....	30
3.6.3 <u>Distribución por calibres</u> .....	32
4. <u>CONCLUSIONES</u> .....	35
5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	36
6. <u>ANEXOS</u> .....	41
6.1 ARTÍCULO CIENTÍFICO .....	41
6.2. INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES DE LA REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL (AGRIAMBI) .....	64

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro N°	Página
1. Descripción del suelo del ensayo y parámetros hídricos del mismo .....	10
2. Fecha de inicio y fin del riego, riego total aplicado (mm), ET <sub>c</sub> estimada del cultivo (mm) y lluvias totales (mm) en las tres temporadas de evaluación del ensayo .....	12
3. Potencial hídrico foliar (MPa) y conductancia estomática (mMol cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) en las diferentes fechas y horas del día .....	27
4. Resultados de la cosecha 2006/07. Se presenta el rendimiento expresado en kilos y número de frutos por árbol, tamaño promedio de los frutos y la eficiencia de producción (kg.cm <sup>-2</sup> , frutos.cm <sup>-2</sup> ) .....	31
5. Distribución de la fruta por calibre .....	34
<b>Figura N°</b>	
1. Evolución de la humedad del suelo en los cinco tratamientos, en las temporadas 2004/05, 2005/06 y 2006/07. CC – capacidad de campo, PMP – punto de marchitez permanente. Los valores corresponden a mm totales en el perfil de 0 a 45 cm .....	18
2. Contenido de agua en el suelo, en los cuatro tratamientos (la humedad está expresada como porcentaje del agua disponible en todo el perfil). Un valor de 100 corresponde a CC y un valor de 0 corresponde a PMP .....	21
3. Evolución del crecimiento de los brotes en las temporadas 2005/06 y 2006/07 .....	23
4. Evolución de la sección del tronco en cm <sup>2</sup> .....	24

5. Evolución del diámetro de los frutos en las temporadas 2005/06 y 2006/07 .....	29
6. Distribución por calibres (en porcentaje y en kg árbol <sup>-1</sup> ) de la producción en la temporada 2006/07 .....	33

## RESUMEN

Se realizó un experimento durante tres años (2004/05 a 2006/07) sobre un monte de duraznero (*Prunus persica* L. Batch) cv. "Dixiland" recién implantado en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía. Se aplicaron cinco tratamientos de riego: secano (T1), goteros de 1,6 L h<sup>-1</sup> a 0,4 m (T2), goteros de 4 L h<sup>-1</sup> a 1 m (T3), microjets de 21 L h<sup>-1</sup> a 5 m (T4) y goteros de 2 L h<sup>-1</sup> a 1 m, dos líneas por fila (T5), en un diseño experimental en cuadro latino. Las parcelas fueron de siete plantas en un marco de plantación de 2,5 x 4,5 m. En todos los tratamientos con riego se aplicó la misma dosis de agua, de forma de cubrir el 100% de la ETc. El porcentaje de volumen de suelo mojado fue de 16, 18, 22 y 44% para los tratamientos T2, T3, T4 y T5 respectivamente. En las variables potencial hídrico foliar y xilemático, conductancia estomática, rendimiento y tamaño promedio de los frutos, los tratamientos que recibieron riego no se diferenciaron estadísticamente entre sí, pero todos presentaron valores significativamente superiores al secano (p<0.05). No se evidenció ninguna respuesta entre los tratamientos regados al porcentaje de suelo mojado, para ninguna de las variables analizadas. Se plantea la hipótesis que los efectos de estos tratamientos, en un cultivo perenne, serían acumulativos y se podrían expresar en años sucesivos.

**Palabras clave:** frutales de hoja caduca, patrones de mojado, *Prunus persica*, riego localizado, volumen de suelo mojado



## SUMMARY

An experiment was carried out for three years (2004/05 to 2006/07) on a just implanted peach grove (*Prunus persica* L. Batch), cv. "Dixiland" in the South Regional Center of the School of Agronomy. Five irrigation treatments were applied: without irrigation (T1), drippers of 1.6 L h<sup>-1</sup> at 0.4 m (T2), drippers of 4 L h<sup>-1</sup> at 1 m (T3), microjets of 21 L h<sup>-1</sup> at 5 m (T4) and drippers of 2 L h<sup>-1</sup> at 1 m, two lines by row (T5), following a Latin square experimental design. The experimental plots had seven trees in a plantation frame of 2.5 x 4.5 m. In all treatments with irrigation, the same water dose was applied, in order to fulfill the 100% of the ET<sub>c</sub>. The percentage of wetted soil volume was 16, 18, 22 and 44% for treatments T2, T3, T4 and T5 respectively. Regarding variables, foliar and xilematic water potential, stomata conductance, yield and average size of the fruits, the treatments with irrigation were not statistically different, but all of them were significantly different from the treatment without irrigation ( $p < 0.05$ ). No response to the percentage of wet soil among the irrigated treatments was detected, for any of the analyzed variables. The hypothesis that the effects of these treatments, in a perennial crop, would be cumulative and would possibly show up in the following years is considered.

**Key words:** fruit trees, wetting patterns, *Prunus persica*, microirrigation, soil wetted volume

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 LA FRUTICULTURA Y EL CULTIVO DE DURAZNERO EN URUGUAY

La producción frutícola de Uruguay ocupa una superficie de 7900 ha con una producción total de 92,4 mil t (MGAP-DIEA, 2009). Las principales especies son el manzano (*Malus domestica* Borkh), el duraznero (*Prunus persica* L. Batch) y el peral (*Pyrus communis* L.). Las explotaciones son del tipo familiar con una superficie media de 10 ha, en las que predomina el cultivo conducido en vaso de tamaño medio, del tipo extensivo con una baja productividad (Iglesias et al., 2003). En los últimos años se ha registrado una reconversión en el sector frutícola, destacándose la introducción de nuevas variedades, plantaciones con altas densidades, mayor precocidad y productividad.

El cultivo de duraznero en Uruguay abarca una superficie de 2193 ha, la producción es de 18.64 mil t (MGAP-DIEA, 2009). El destino de la producción es principalmente el mercado interno para consumo en fresco, las ventas al exterior son marginales. El 87% de la producción de durazneros se realiza en la zona sur, en los departamentos de Montevideo, Canelones, San José y Colonia. En el litoral norte, los departamentos de Artigas y Salto aportan el restante 13% de la producción, caracterizada por ser de variedades muy tempranas de bajos requerimientos de frío.

El período de producción comienza a mediados de octubre con la cosecha de las variedades tempranas del norte y finaliza en febrero con la cosecha de las variedades tardías del tipo pavía. El rendimiento promedio para las variedades de estación en la temporada 2007-08 fue de 14 kg por planta (MGAP-DIEA, 2009), por debajo de los obtenidos a fines de la década del 90 (15 a 17 kg por planta).

En nuestro país a pesar del régimen de precipitaciones abundante, con valores promedio anuales de 1200 mm, se registran en el cultivo de duraznero períodos de déficit hídrico, debido a la variabilidad en la distribución de las lluvias. Esta variación en el régimen de las lluvias junto a la instalación de nuevas plantaciones en alta densidad, han contribuido a incrementar en los últimos años el área de frutales con riego. De acuerdo a los datos de la última zafra el 58% de la superficie plantada con frutales cuenta con riego (MGAP-DIEA, 2009).

## 1.2 EL RIEGO EN FRUTICULTURA

Los investigadores en frutales le adjudican al riego tres beneficios principales: mejor crecimiento vegetativo (Chalmers et al., 1983), aumento del rendimiento (Layne et al., 1981; Layne y Tan, 1988) y aumento del tamaño del fruto (Morris et al., 1962; Daniell, 1982; Baccino y García, 1995)

El sistema de riego más utilizado en árboles frutales es el riego localizado de alta frecuencia (RLAF), el cual se basa en dos aspectos fundamentales, la localización y la alta frecuencia (Pizarro, 1990). Los RLAF se clasifican en función del caudal del emisor: alto caudal ( $16$  a  $150 \text{ Lh}^{-1}$ ) que comprende a los microaspersores y microjets, y los goteros con un caudal menor a  $16 \text{ Lh}^{-1}$ .

El riego por goteo tiene como beneficios la frecuencia y la uniformidad de aplicación pero presenta problemas en la distribución del agua en el sitio de aplicación (Bryla et al., 2005). El problema de la distribución del agua está relacionado a la forma y a la extensión que adquiere el bulbo mojado en el suelo, siendo más crítico en suelos arenosos. En suelos arcillosos la combinación de una menor velocidad de infiltración y el predominio de las fuerzas matriciales sobre las gravitacionales en un mayor rango de humedad,

permiten un mayor desarrollo horizontal del bulbo mojado en relación a los suelos arenosos (Pizarro, 1990).

Como respuesta a esta problemática en la distribución del agua en el suelo se crearon los microaspersores (aspersor de tamaño pequeño) y los difusores que cuentan con una tobera no giratoria que pulveriza y distribuye el agua de riego.

Los microaspersores y microjets logran cubrir una mayor área de mojado en relación a los goteros. Son recomendados para suelos de alta permeabilidad y reducida capacidad de almacenaje de agua. Presentan como desventajas las pérdidas por evaporación y el efecto del viento que afecta la uniformidad de distribución (Koumanov et al., 1997). De acuerdo a Goldhamer et al. (1985) la baja uniformidad de distribución no necesariamente afecta la distribución espacial del agua a nivel de las raíces.

#### 1.2.1 Patrón de mojado en los RLAF

Según Rolston et al. (1991), el patrón de mojado del suelo en riego por goteo no solo depende de la textura y las características hidráulicas del suelo, sino también de la localización del emisor, de la tasa de aplicación, de la microtopografía y de la tasa de extracción de las raíces. Según Thorburn et al. (2003), la distancia entre emisores y la tasa de aplicación son factores que determinan las características de mojado del suelo.

En los RLAF se moja una fracción de la superficie del suelo, es decir, no se moja el 100% del volumen explorado por las raíces (López et al. 1992). De acuerdo a Keller (1978) no ha sido establecido un volumen mínimo absoluto para el porcentaje de suelo mojado. Tentativamente aconseja para cultivos con marcos amplios de plantación porcentajes superiores al 20% en zonas de alta

precipitación y suelos de textura media o arcillosa, y de 33 a 50%, en zonas de baja precipitación.

Según varios autores, en riego por goteo la densidad radicular se incrementa varias veces dentro del bulbo mojado, pero disminuye notablemente fuera del mismo en manzanos, (Goode et al., 1978; Levin et al., 1979), en peral (Black y Mitchell, 1974), y en duraznero (Willoughby y Cockroft, 1974). En base a este comportamiento de adaptación de las raíces, valores de porcentaje de suelo mojado respecto al área sombreada del orden de 30% equivaldrían a mojar la totalidad del volumen radicular normal del cultivo (López et al., 1992). Además del efecto de la densidad, las raíces en el bulbo mojado tendrían más facilidad para extraer el agua, compensando de esta forma, el menor volumen radicular explorado (Moreshet et al., 1983).

En la práctica, de acuerdo a Pizarro (1990), el porcentaje de suelo mojado se sustituye por el de “porcentaje de superficie mojada”, el cual es más fácil de manejar y medir. Este parámetro fue definido por Keller y Karmeli (1974) como la relación expresada en porcentaje, entre el área mojada por los emisores y el área total. Según los autores la determinación de la superficie mojada debe realizarse a los 30 cm de profundidad del suelo. Abreu citado por Pizarro (1990), sugiere que esa medida se realice a la profundidad en que la densidad radicular sea máxima.

Cuando se trabaja con cultivos de marcos amplios de plantación como en frutales, la superficie mojada del suelo es referida porcentualmente al área media sombreada por la copa del árbol (López et al., 1992).

La estimación del área mojada por un emisor se puede hacer por tres procedimientos: empleo de fórmulas, uso de tablas y pruebas de campo. El

mejor procedimiento consiste en realizar las pruebas de campo, debido a la simplicidad y al bajo costo, a pesar de ello no se realiza comúnmente a nivel de diseño.

Determinar el radio de mojado de un emisor es de gran importancia para calcular el porcentaje de solapamiento entre bulbos, y en función de ello definir la distancia entre emisores y el número de emisores por planta con el objetivo de lograr un correcto diseño agronómico.

Thorburn et al. (2003), utilizando goteros de  $1.7 \text{ Lh}^{-1}$  a 0.6 m con un tiempo de riego de 4 horas obtuvo un radio de mojado de 0.25 m para suelos de distinta clase textural, ocasionando la falta de solapamiento entre bulbos. En Uruguay similares resultados reportan García et al. (2005), al utilizar en suelos estratificados de textura arcillosa goteros de  $4 \text{ Lh}^{-1}$  a 1 m con un tiempo de riego de 3 horas. Sin embargo, con un tiempo de riego de 7 horas se lograba aumentar el radio de mojado, formándose una banda continua a lo largo del camellón, pero al mismo tiempo se constataron importantes pérdidas de agua por percolación.

Pelletier y Tan (1993) obtuvieron en durazneros una mayor superficie de suelo mojado en los primeros 15 cm de profundidad con el uso de microjets de  $28 \text{ Lh}^{-1}$  en comparación con goteros  $4.5 \text{ Lh}^{-1}$  a 1.2 m. Este resultado se revirtió a los 30 cm de profundidad con diámetros de mojado de 1 y 0.4 m para goteros y microjets respectivamente.

Layne et al. (1996), obtuvieron en superficie una mayor área de mojado del suelo con el uso de microjets en comparación con goteros. Pero el nivel de humedad en todo el perfil del suelo fue superior con el uso de goteros en relación al tratamiento con microjets.

### 1.2.2 Repuesta en frutales a diferentes patrones de mojado del suelo

De acuerdo a Layne y Tan (1984, 1994), en árboles frutales son necesarios 10 años de experimentación para observar los efectos en el largo plazo en las variables de crecimiento vegetativo y en la producción. Con el objetivo de mejorar la aplicación del agua y lograr un mejor patrón de mojado se han realizado trabajos de investigación en frutales en donde se comparan distintas variantes del riego localizado: goteros, microjets y microaspersión.

Koo y Smajstrla (1985) en la región de Florida con precipitaciones de 1200 mm al aplicar tres métodos de riego sobre árboles de pomelo en un suelo arenoso, obtuvieron un mayor rendimiento y volumen de copa con el método de aspersión en comparación con el uso de microjets y goteros. El autor atribuye estos resultados a las diferencias en el porcentaje de mojado de suelo obteniendo valores de 13, 63 y 100% en goteros, microjets y aspersión respectivamente.

Zekri y Parsons (1988) trabajando en la misma región y en árboles de pomelo, obtuvieron un mayor déficit hídrico al regar diariamente con goteros en comparación con el riego por aspersión con frecuencias de 7 a 20 días. De acuerdo a los autores el riego por goteo logró mojar una fracción pequeña del sistema radicular y por consiguiente no se cubrieron los requerimientos de la evapotranspiración del cultivo (ETc).

Abreu citado por López et al. (1992) obtuvo niveles de repuesta a diferentes porcentajes de mojado del suelo para el cultivo de platanera cv “Dwarf Cavendish” en la región de Islas Canarias con lluvias de 150 a 300 mm anuales. Por debajo de 40% se constataron disminuciones en el rendimiento. El autor atribuye estos resultados a que en ese volumen de suelo explorado por las

raíces no se estaría cubriendo los requerimientos hídricos del cultivo, a pesar de las altas dosis empleadas, habiéndose constatado importantes pérdidas de agua por percolación.

En árboles adultos de durazneros no sería tan crítico mojar sólo una fracción del sistema radicular, ya que algunos experimentos han demostrado que mojando entre 20 y 30% de la zona radicular activa es suficiente para maximizar la producción (Tan y Buttery, 1982).

Mitchel y Chalmers (1983) observaron en durazneros que al cabo de 5 años, los árboles regados por goteo presentaban un menor crecimiento vegetativo en comparación con los regados por microjets, atribuyendo estos resultados al menor desarrollo radicular en los árboles regados por goteo. Sin embargo no encontraron diferencias significativas en los rendimientos, debido a que el riego por goteo aumentó la productividad y el tamaño medio de los frutos al controlar el crecimiento excesivo de los brotes.

En cambio Layne et al. (1996) durante 4 años de investigación en duraznero no encontraron diferencias significativas en la sección del tronco y en el rendimiento comercial al aplicar tratamientos de riego por goteo, microjets y un control en seco. Los autores reportaron la falta de respuesta al riego al alto régimen de lluvias durante la estación de crecimiento, que impidió la ocurrencia de un déficit hídrico significativo.

Bryla et al. (2003, 2005) al cabo de 6 años de evaluación obtuvieron en montes jóvenes de duraznero un menor rendimiento, una menor sección del tronco y peso de poda acumulado en los árboles regados por microjets en comparación con los regados por goteo. Los resultados se debieron a la baja eficiencia de aplicación de los microjets a causa de las altas pérdidas por



evaporación desde la superficie del suelo. Según Allen et al. (1998), las pérdidas por evaporación desde la superficie de un suelo bien mojado luego de una lluvia o de un riego pueden ser muy altas incluso superar las pérdidas por evapotranspiración de una pastura bien regada; este efecto se daría especialmente si el cultivo es pequeño y sombrea una pequeña superficie del suelo.

Bryla et al. (2005) trabajando en duraznero no encontraron diferencias significativas en el crecimiento vegetativo y en el rendimiento al comparar la utilización de una y dos líneas de laterales con goteros subterráneos.

Michelakis et al. (1997) en el cultivo de palta al aumentar el número de líneas de goteros de uno a tres, si bien lograron incrementar el porcentaje de suelo mojado de 4 a 45%, al cabo de 5 años de evaluación no registraron diferencias significativas en el rendimiento total y en el tamaño promedio de los frutos. La falta de repuesta al aumento del porcentaje de suelo mojado se debió a la ausencia de déficit hídrico durante el inicio de la primavera, momento en el cual se define el número de frutos por árbol.

En cambio Hermoso et al. (2003) en condiciones de clima semiárido con lluvias de 420 mm anuales, al aumentar el volumen de suelo mojado de 8 a 34% mediante el uso de goteros y microaspersores respectivamente, obtuvieron un incremento del rendimiento en el cultivo de palta. También Gispert (2003) al incrementar el volumen de suelo mojado de 11 a 43% encontraron un aumento en el rendimiento de árboles adultos de olivo.

### 1.3 ANTECEDENTES NACIONALES

En Uruguay las investigaciones de respuesta al patrón de mojado del suelo en frutales son muy escasas y recientes. Trabajos realizados en naranja “Washington Navel” por García et al. (2004), han demostrado que al aumentar el porcentaje de suelo mojado de 20 a 35% se logra alcanzar un incremento en el rendimiento del 6%.

Investigaciones realizadas en predios comerciales por la unidad de Hidrología de la Facultad de Agronomía (datos no publicados), demostraron que al aumentar el volumen del suelo mojado de 21% a 36 % no se incrementaba significativamente el rendimiento de duraznero cv. “Dixiland”. Estos resultados son de carácter orientativo, debido a que se realizó el ensayo en un monte adulto de duraznero, en el cual se aplicaron los tratamientos de riego luego de varios años de instalado el mismo, lo cual podría estar limitando la expresión de los resultados esperados.

A efectos de continuar con los trabajos de investigación de riego en frutales en condiciones experimentales más controladas, se instaló en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía un ensayo de riego en un monte joven de duraznero cv. “Dixiland”. Se plantea como hipótesis de trabajo que la combinación de la tasa de aplicación y de la distancia entre emisores podría modificar el patrón de mojado del suelo y es de esperar un efecto diferencial en la repuesta de las plantas a los distintos patrones de mojado del suelo obtenidos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la repuesta vegetativa y reproductiva de los árboles de duraznero al variar el patrón de mojado del suelo mediante el uso de diferentes emisores.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en un monte de duraznero (*Prunus persica* L. Batch) en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, 34° 37' S, 56° 13' W, a 31 km al norte de la ciudad de Montevideo.

### 2.1 MATERIAL VEGETAL

El monte se implantó en setiembre de 2003. Se utilizó una variedad de estación cv “Dixiland” injertada sobre pie franco de pavia moscatel (*Prunus pérsica* L. Batsch). El marco de plantación fue de 4,5 m en la entrefila por 2,5 m en fila, lo que determina una densidad de plantación de 888 árboles por hectárea. El sistema de conducción fue en vaso moderno con tres líderes.

### 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SUELO

El suelo del ensayo es un Argiudol Páchico, fino esmectítico térmico (Durán et al., 2005), con la siguiente descripción (Cuadro 1):

Cuadro 1. Descripción del suelo del ensayo y parámetros hídricos del mismo

Horizonte	Prof. (cm)	Textura	D. Ap. (g cm <sup>-3</sup> )	CC (mm dm <sup>-1</sup> )	PMP (mm dm <sup>-1</sup> )	A.D. (mm dm <sup>-1</sup> )
A	0 – 25	Fr Lim	1.12	31	18	13
B	25 – 45	Fr Arc Lim	1.36	36	22	14
BC	45 - 75	Fr Arc Lim	1.35	40	23	17

D. Ap (Densidad aparente), CC (Capacidad de campo), PMP (Punto de marchitez permanente); A.D (Agua disponible)

## 2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicaron cinco tratamientos de riego en un diseño de cuadro latino, con cinco repeticiones. Las parcelas eran de siete árboles contiguos de los cuales se evaluaron los cinco centrales.

Los tratamientos fueron:

T1) Secano

T2) Goteros de  $1,6 \text{ Lh}^{-1}$  a 0,4 m

T3) Goteros de  $4 \text{ L h}^{-1}$  a 1 m

T4) Microjets de  $21 \text{ Lh}^{-1}$  a 5 m

T5) Goteros de  $2 \text{ Lh}^{-1}$  a 1 m, con dos líneas por fila.

El caudal de todos los tratamientos regados era, por lo tanto,  $4 \text{ Lh}^{-1}\text{m}^{-1}$ . A estos cuatro tratamientos se les aplicó la misma dosis de agua, equivalente al 100% de la  $ET_c$ , y la diferencia entre ellos fue el patrón de mojado.

## 2.4 RIEGO APLICADO, LLUVIAS Y Etc

Los tratamientos se comenzaron a aplicar a partir de la segunda temporada de crecimiento (2004-05), debido a que en el primer año se regaron todos los árboles a los efectos de asegurar la correcta implantación de los mismos. La  $ET_c$  se estimó mediante la metodología de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), utilizando los datos climáticos obtenidos de una estación automática Davis modelo Vantage Pro instalada en el sitio del experimento. Los registros de las lluvias se tomaron de la misma estación automática.

En el cuadro 2 se presenta los datos de riego aplicado, las lluvias totales y la  $ET_c$  para las tres temporadas evaluadas.

Cuadro 2. Fecha de inicio y fin del riego, riego total aplicado (mm), ET<sub>c</sub> (mm) y lluvias totales (mm) en las tres temporadas de evaluación del ensayo

	2004/2005	2005/2006	2006/2007
Período	18/10 –12/04	17/10 –18/05	12/10 –02/03
Riego	170	404	210
ET <sub>c</sub>	341	570	702
Lluvia	924	511	447

El ensayo se manejó regando simultáneamente los cuatro tratamientos. Para esto, los tiempos y frecuencias de riego se calcularon en función del riego por goteo.

## 2.5 MUESTREO DEL BULBO MOJADO Y MEDICIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Se realizaron muestreos para la determinación de la forma y tamaño de los bulbos mojados en los cuatro tratamientos con riego y también en el T1 (secano) como control. Los mismos se repitieron en dos fechas diferentes, el 12 de noviembre y el 21 de diciembre de 2005, con tiempos de riego de 2 h y 3 h 15 min, respectivamente. Para el muestreo se sacaron muestras de suelo a intervalos de profundidad de 0,20 m, utilizando un taladro tipo holandés.

La grilla para los muestreos se conformó por tres transectas perpendiculares a la línea de goteo, una debajo del gotero, otra en el punto medio entre dos goteros y la tercera en el punto medio entre las dos anteriores. En cada una de ellas se marcaron sitios a intervalos de 0,20 m desde el gotero hacia ambos lados de la línea. Se utilizaron tantos sitios y profundidades como fue necesario para incluir todo el bulbo mojado en cada caso.

Se determinó el contenido de humedad de las muestras mediante el método gravimétrico y con el valor de densidad aparente correspondiente a cada horizonte, se calculó el contenido de agua volumétrico.

Durante las tres temporadas de evaluación (2004-2007) se realizaron determinaciones semanales de la humedad de suelo, mediante una sonda de neutrones marca CPN modelo 503DR HYDROPROBE, en tres parcelas por tratamiento. Cada tubo de acceso estaba situado en la fila, equidistante de dos goteros contiguos.

## 2.6 PARÁMETROS EVALUADOS EN LOS ÁRBOLES

### 2.6.1 Parámetros vegetativos

Las variables de crecimiento vegetativo evaluadas fueron sección de tronco, y crecimiento de brotes.

Las determinaciones de la sección del tronco se realizaron en los cinco árboles centrales de cada parcela (125 árboles en total). La sección de tronco se estimó a partir de la medición de la circunferencia a 20 cm de la superficie del suelo. Ésta se realizó cada cuatro meses en los períodos invernales y cada dos meses en la estación de crecimiento.

Para el crecimiento de los brotes se seleccionaron dos brotes por árbol en dos árboles por parcela (20 brotes por tratamiento) y se realizaron mediciones semanales de su longitud.

### 2.6.2 Parámetros fisiológicos

Se midió la conductancia estomática utilizando un porómetro marca DELTA-T modelo AP4 en tres a seis hojas por tratamiento, en tres fechas diferentes y en diferentes horas a lo largo del día.

También se midió el potencial hídrico foliar, utilizando una cámara de presión marca Soilmoisture modelo 3005-1412, en tres a seis hojas por tratamiento, siguiendo los procedimientos descritos por Scholander et al. (1965). Las mediciones se hicieron antes del amanecer, a media mañana y a máxima demanda atmosférica. En la temporada 2007 en lugar del potencial hídrico se midió el potencial xilemático, cubriendo las hojas una hora antes de la medición con un film plástico y sobre éste uno de aluminio, siguiendo la metodología de Shackel (2001).

### 2.6.3 Crecimiento de frutos, producción y eficiencia productiva

Se realizaron mediciones de crecimiento de frutos en cinco frutos por árbol en dos árboles por parcela, totalizando 50 frutos por tratamiento, durante las temporadas 2005/06 y 2006/07. En cada fruto se tomaban, utilizando un calibre digital electrónico, dos medidas de diámetro perpendiculares entre sí las que luego se promediaban.

La primera cosecha de importancia comercial fue en la temporada 2006-07. Se evaluó el rendimiento de cada uno de los árboles, el número de frutos de los mismos y en base a estos dos valores se estimó su peso promedio. Se tomaron muestras compuestas de 150 frutos por parcela, los que se calibraron y separaron en tres categorías comerciales: especial (mayores a 180 g), grandes (120 a 180 g) y chicos (menores de 120 g).

La eficiencia productiva por árbol se calculó dividiendo los kilos de fruta y el número de frutos por  $\text{cm}^{-2}$  de la sección del tronco.

## 2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS. En las variables de evolución en el tiempo se aplicaron “Modelos de heterogeneidad de curvas”. Se realizaron análisis de varianza “ANOVA” y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de  $p < 0.05$  %.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 CLIMA Y RIEGO APLICADO

La evapotranspiración del cultivo fue incrementándose en los tres años sucesivos, a medida que los árboles aumentaban su tamaño (cuadro 2). En la primera temporada, a pesar de las altas precipitaciones registradas que superaron ampliamente a la evapotranspiración del cultivo, fue necesario aplicar 170 mm de riego. Esto se debió a la irregular distribución de las mismas, con lluvia por debajo de la media en diciembre y enero y muy por encima en febrero.

En la temporada 2005/2006 las lluvias fueron inferiores a la media en la primavera (octubre a diciembre) y luego alrededor de la media en verano (enero a marzo). A pesar de esto, fue necesario aplicar más de 400 mm de riego.

En la última temporada (2006/2007), durante la primavera llovió alrededor de la media, pero casi no se registraron precipitaciones en enero. Debido a problemas operativos con el equipo de riego los tratamientos se aplicaron hasta el mes de marzo y la cantidad de agua aplicada no llegó, en algunas ocasiones, a cubrir la demanda del cultivo.

#### 3.2 EVOLUCIÓN DE LA HUMEDAD EN EL SUELO

En la temporada 2004/2005, el contenido de agua en los tres tratamientos regados por goteo (T2, T3, T5) se mantuvo siempre próximo a capacidad de campo (CC). Por el contrario, el tratamiento regado por microjet (T4) estuvo casi exactamente el mismo comportamiento que el seco (T1). Los menores niveles de humedad del tratamiento con microjet, se debieron a las pérdidas por

evaporación que se produjeron en este método de riego. Bryla et al. (2003, 2005) reportaron importantes pérdidas por evaporación en árboles jóvenes de durazneros al ser regados con microjet..

En la temporada 2005/2006 el T2 y T5 permanecieron en un rango adecuado de humedad, mientras que el T1 y T4, por las mismas causas del año anterior, descendieron por debajo del punto de marchitez permanente (PMP). En esa temporada también se nota una caída en el contenido de humedad en el T3. Este tratamiento es con goteros de  $4 \text{ L h}^{-1}$  a 1 m, y el tubo de acceso para la sonda está ubicado entre ambos. Este descenso estaría mostrando que a la profundidad considerada (0–45 cm), los bulbos no se solapan suficientemente.

En la temporada 2006/2007, el comportamiento es similar al año anterior, con la salvedad que hacia el final de la temporada, debido a los problemas operativos del equipo de riego ya señalados, el contenido de agua en todos los tratamientos regados tuvo una tendencia a descender (Figura 1).

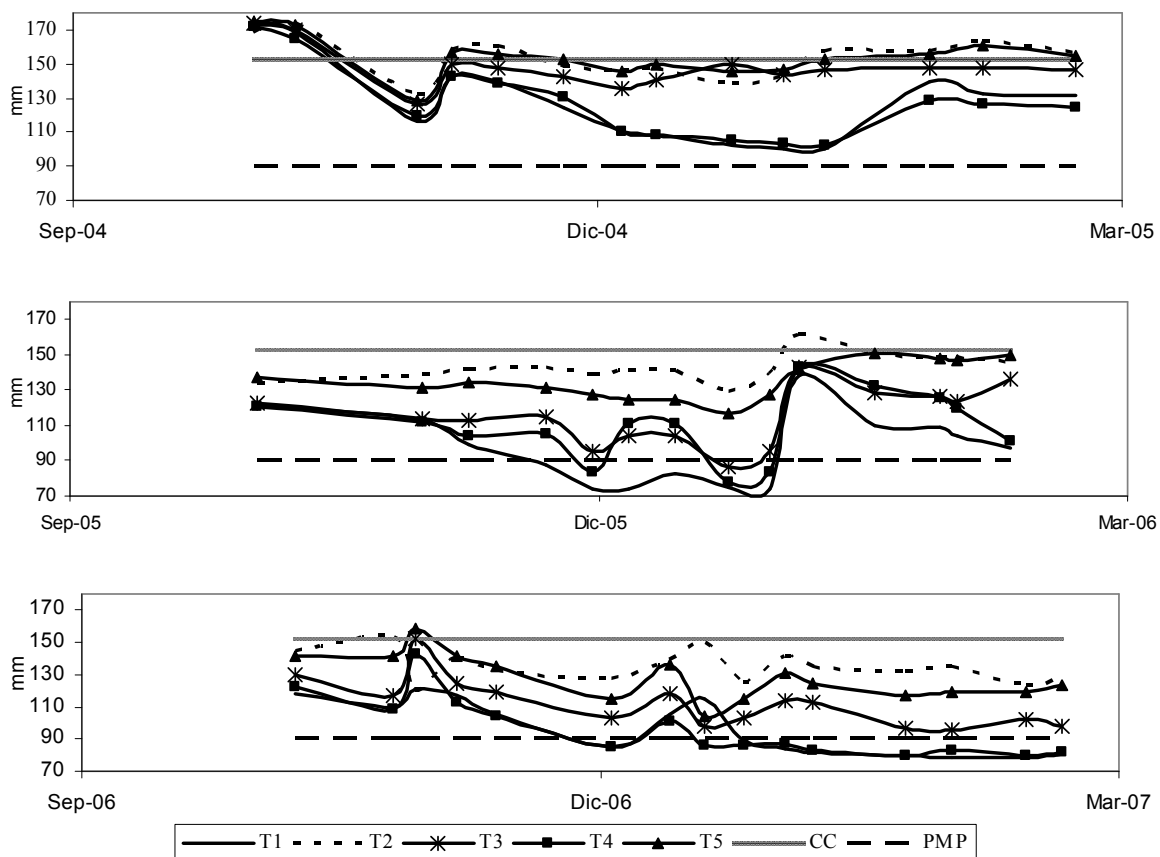


Figura 1. Evolución de la humedad del suelo en los cinco tratamientos, en las temporadas 2004/05, 2005/06 y 2006/07. CC – capacidad de campo, PMP – punto de marchitez permanente. Los valores corresponden a mm totales en el perfil de 0 a 45 cm.

### 3.3 FORMA DE LOS BULBOS MOJADOS

Se presentan los resultados correspondientes al muestreo realizado el 21 de diciembre de 2005, con un tiempo de riego de 3h 15 min. Los valores corresponden a la transecta perpendicular a la fila, bajo el gotero.

El porcentaje de suelo mojado, a 0,30 m de profundidad, calculado respecto a la superficie de la proyección horizontal de la copa fue: T2 16%, T3 18%, T4 22% y T5 44%.

En el caso del T4 (microjet), en la Figura 2 se ve que cubre una superficie importante de dos metros de ancho, en la transecta perpendicular a la fila y bajo el emisor. Sin embargo, en el sentido de la fila sólo alcanza 1,25 m, debido a que parte del agua es interceptada por la copa.

Es importante destacar el similar volumen de suelo mojado por el T2 y el T3, a pesar de que la diferencia de caudal de los emisores y la distancia entre ellos era más del doble (1,6 y 4,0 L h<sup>-1</sup>, 0,40 y 1,00 m, respectivamente).

Estos resultados muestran que en los suelos estratificados y pesados, típicos de la zona frutícola sur del Uruguay, los patrones de mojado fueron diferentes a los esperados de acuerdo a la bibliografía, obteniéndose menores diámetros en todos los casos. Según Keller y Bliesner (1990) se deberían dar diámetros de mojado superiores a 1,25 m en esta situación.

Por otra parte el incremento de las horas de riego, provocó un aumento del área mojada en los tratamientos con goteros de 2 y 4 L h<sup>-1</sup> (resultados no presentados). Sin embargo, como consecuencia del aumento del tiempo de

riego se incrementaron las pérdidas por percolación, disminuyendo la eficiencia de aplicación del método ya que parte del agua aplicada no fue aprovechada por el cultivo. Estos resultados concuerdan con los de Pizarro (1990) quien indica un mayor movimiento vertical del agua al aumentar el tiempo de riego afectando muy poco el desarrollo horizontal de la zona mojada.

El único tratamiento que logró aumentar significativamente el porcentaje de suelo mojado fue el T5, que utiliza dos líneas portagoteros.

Los porcentajes de suelo mojado logrados son similares a los recomendados por Keller y Bliesner (1990). Sin embargo, se ha comprobado que en regiones con abundantes lluvias, el porcentaje de mojado debe ser mayor debido a que las raíces se extienden más allá de la zona mojada y la respuesta de las plantas varía directamente con el aumento del área mojada (Zekri y Parsons, 1988).

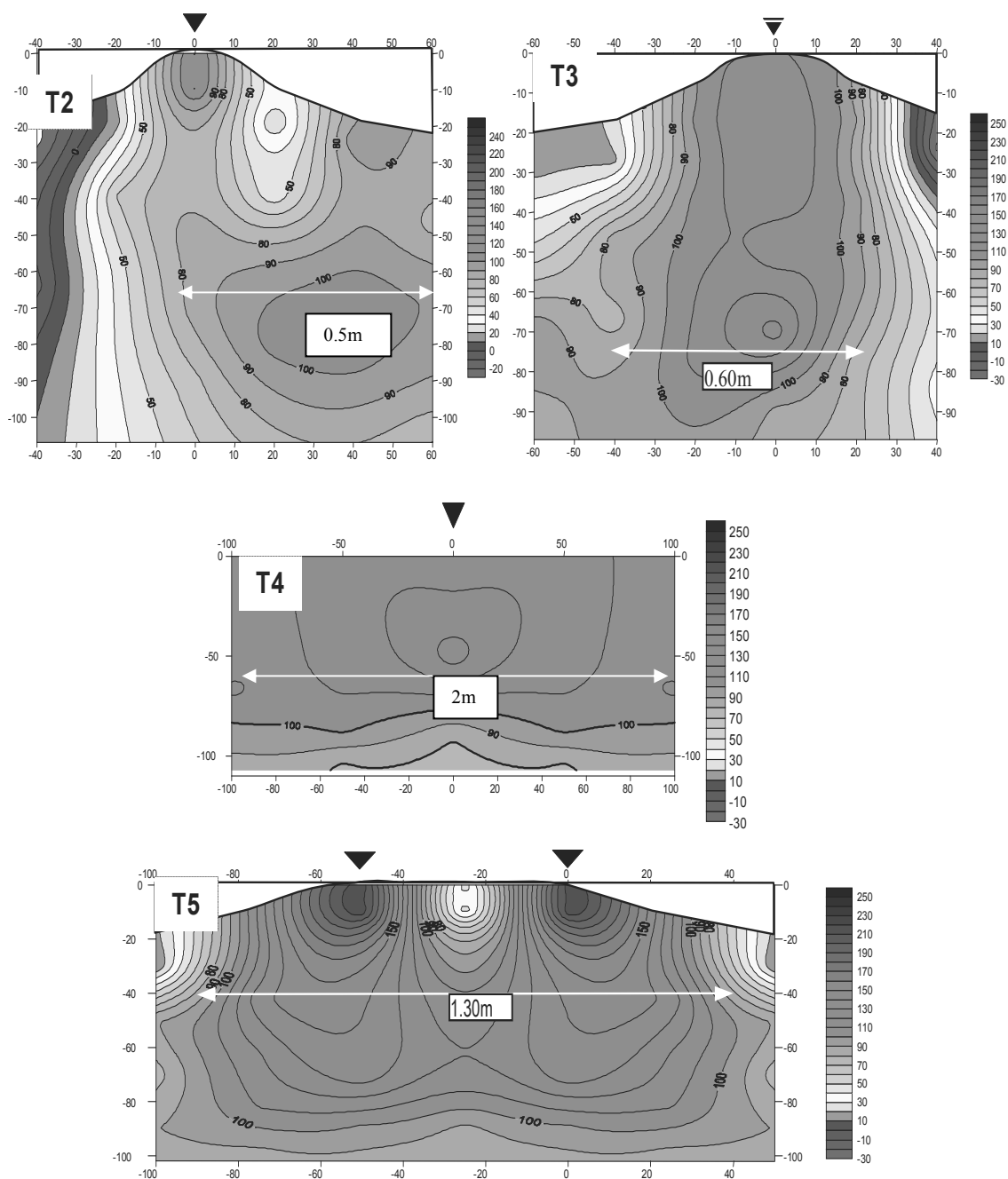


Figura 2. Contenido de agua en el suelo, en los cuatro tratamientos. La humedad está expresada como porcentaje del agua disponible de todo el perfil. Un valor de 100 corresponde a CC y un valor de 0 corresponde a PMP.

### 3.4 EFECTO DEL PATRÓN DE MOJADO EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO

#### 3.4.1 Crecimiento de brotes

En las dos temporadas evaluadas en el crecimiento de los brotes no se registraron diferencias significativas entre tratamientos (figura 3).

Los brotes en todos los tratamientos presentaron el mismo patrón de crecimiento. En la temporada 2005-06 el mayor crecimiento se produjo a partir de la tercera semana de octubre hasta finales del mes de noviembre. A partir del mes de diciembre los brotes en todos los tratamientos finalizaron su crecimiento. En el segundo año de evaluación el crecimiento de los brotes finalizó en la tercer semana de diciembre (figura 3).

En los dos años de evaluación la finalización del crecimiento de los brotes coincidió con el comienzo del fuerte crecimiento de los frutos (fase de expansión celular, figura 5). Los patrones obtenidos en el crecimiento de los brotes son coincidentes con resultados encontrados por otros autores (Hasiao et al., 1976; Chalmers et al., 1983; Grahb et al., 1998) en donde el crecimiento de los brotes fue máximo en las dos primeras fases del crecimiento de los frutos, disminuyendo notablemente en la última.

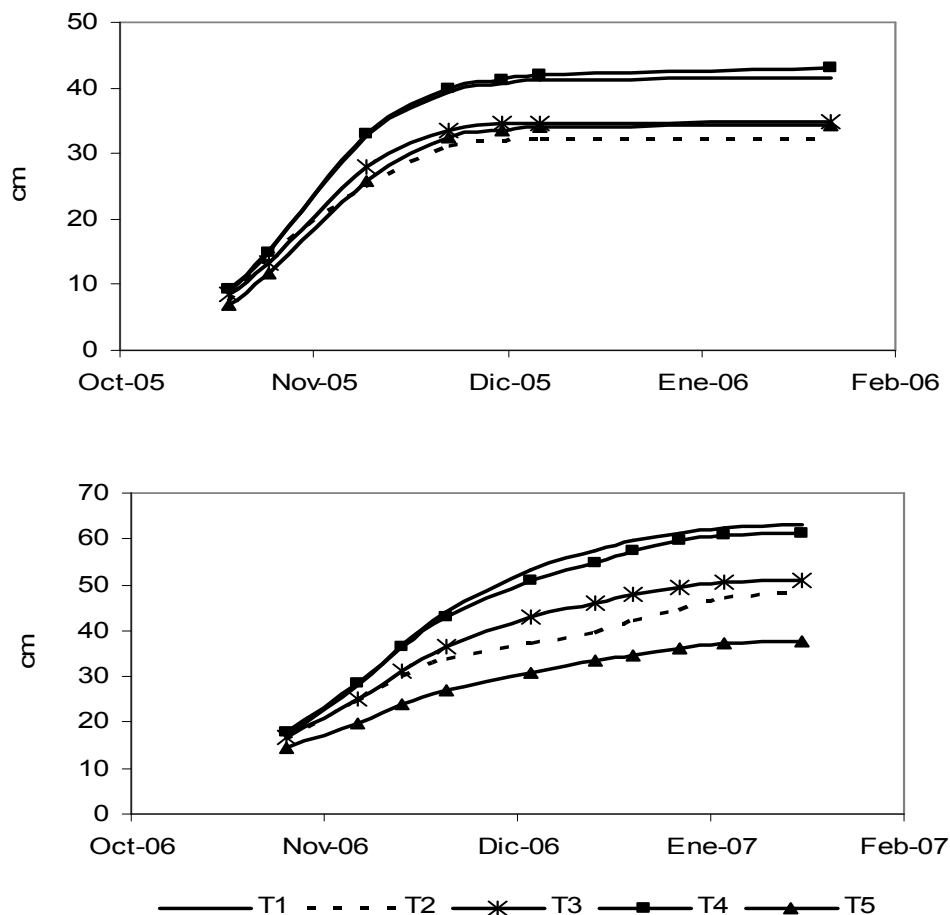


Figura 3. Evolución del crecimiento de los brotes en las temporadas 2005/06 y 2006/07.

La similar respuesta entre los tratamientos de riego estaría indicando por un lado que al variar el patrón de mojado del suelo no se estaría afectando el crecimiento de los brotes, a pesar de las diferencias registradas en el porcentaje de suelo mojado (T2 16% y T5 44%). Por otro lado, la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos regados (T2, T3, T4 y T5) y el tratamiento en seco (T1) estaría indicando que los menores niveles de humedad registrados en T1 no limitaron el crecimiento de los brotes.



### 3.4.2 Crecimiento de la sección del tronco

En el período comprendido entre diciembre de 2004 hasta setiembre del 2006, el T3 presentó los mayores valores de sección del tronco diferenciándose estadísticamente del T1 ( $p < 0.05$ ), mientras que T2, T4 y T5 no se diferenciaron del T1 ni del T3 (figura 4). A partir, de las lluvias registradas en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2006 (357 mm) el seco (T1) tuvo la mayor tasa de crecimiento y en la última medición realizada (10/1/07) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

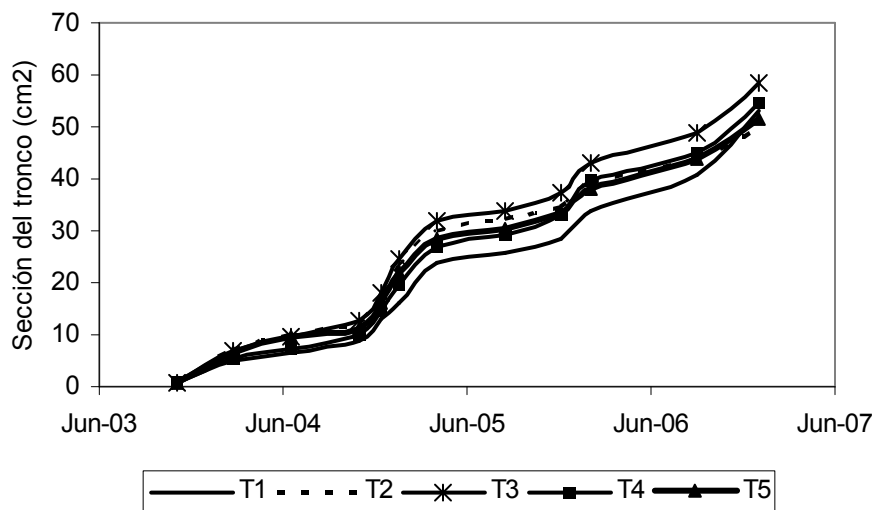


Figura 4. Evolución de la sección del tronco en  $\text{cm}^2$

La ausencia de diferencias significativas en la sección del tronco entre los tratamientos con riego (T2, T3, T4 y T5) y el seco (T1) al final del período de evaluación es coincidente con los resultados encontrados por Layne et al.

(1996), quienes atribuyeron la falta de repuesta al excesivo régimen de lluvias en las estaciones de crecimiento.

Los regímenes de precipitaciones fueron variables en las tres temporadas evaluadas, con períodos alternados de déficit hídrico a lo largo de cada estación de crecimiento. El T1 en las dos primeras temporadas presentó la menor sección del tronco, aunque estadísticamente era solo menor al T3, al final de la tercera temporada alcanzó la mayor tasa de crecimiento, compensado el menor crecimiento obtenido en las estaciones anteriores. El crecimiento compensatorio de los árboles de secano se debió al aprovechamiento de las precipitaciones ocurridas en la primavera de 2006. Similares resultados se han encontrado en investigaciones realizadas en durazneros por la unidad de Hidrología (datos no publicados).

Entre los tratamientos regados si bien se observó una tendencia en que el tratamiento con goteros de  $4 \text{ Lh}^{-1}$  a 1 m (T3) presentó los mayores valores de sección de tronco, no se llegó a obtener una diferencia significativa al variar el patrón de mojado del suelo con los distintos emisores utilizados.

Al comparar el uso de una línea de goteros (T2, T3) con dos líneas de gotero (T5) los resultados obtenidos son coincidentes con los reportes de Bryla et al. (2005), quienes al aplicar la misma dosis de riego con una y dos líneas de goteros no encontraron diferencias significativas en la sección del tronco de árboles jóvenes de duraznero. En frutales, las mayores diferencias reportadas en la bibliografía se presentan al comparar el uso de microjets con el de goteros. Varios autores encontraron una mayor sección del tronco al regar con microjets (Mitchel y Chalmers, 1983 en duraznero; Hermoso et al., 2003 en palta; y Gispert, 2003 en olivo). En cambio Bryla et al. (2003, 2005) obtuvieron

en árboles de duraznero una mayor sección del tronco al utilizar goteros en comparación con el uso de microjets, atribuyendo estas diferencias a una mayor eficiencia de aplicación con los goteros.

El tratamiento con microjet no se diferenció estadísticamente de los tratamientos con goteros (T2, T3 y T5), a pesar de las distintas combinaciones de separación y de caudal utilizados en los mismos. Si bien, los niveles de humedad en el T4 estuvieron siempre por debajo de los tratamientos con goteros, esto no se vio reflejado en una menor sección del tronco al igual que en el crecimiento de los brotes.

### 3.5 EFECTO DEL PATRÓN DE MOJADO EN EL POTENCIAL FOLIAR Y CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA

El potencial hídrico foliar medido antes del amanecer (entre las 4 y las 6 hs), es un indicador del estado hídrico del árbol en equilibrio con el contenido de agua del suelo, ya que se hace en ausencia de transpiración (Garnier y Berger, 1985).

En las distintas fechas, el T1 (secano) presentó siempre un potencial significativamente más negativo que los tratamientos regados. Entre éstos, si bien existen diferencias significativas, no se dan con un patrón claro. Es así que en la primera fecha el T2 supera al T4, y en la segunda y tercera fecha el T5 supera al T3. En la cuarta fecha no existen diferencias entre los tratamientos regados (Tabla 3). Las medidas de potencial hídrico tomadas a media mañana y al mediodía siguen la misma tendencia que las de antes del amanecer. Lo mismo puede decirse del potencial xilemático.

Las medidas de conductancia muestran una muy buena relación con las de potencial: los tratamientos de menor potencial hídrico tienen también menor conductancia estomática. La relación encontrada entre el potencial hídrico y la conductancia estomática es coincidente con los resultados obtenidos por Hand et al. (1982).

Cuadro 3. Potencial hídrico foliar (MPa) y conductancia estomática (mMol cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) en las diferentes fechas y horas del día

hora	Potencial hídrico			Conductancia			
	05:00	10:00	13:00	08:00	10:00	13:00	
04/01/2005							
T1	-0.82 c	-1.95 c	-1.91 c				
T2	-0.27 a	-0.99 a	-1.07 a				
T3	-0.36 ab	-1.36 b	-1.20 ab				
T4	-0.48 b	-1.53 b	-1.50 b				
T5	-0.39 ab	-1.06 a	-1.15 a				
13/12/2005							
T1	-0.62 c	-2.00 b	-1.89 bc				
T2	-0.21 ab	-1.55 a	-1.35 a				
T3	-0.30 b	-1.55 a	-1.97 c				
T4	-0.35 ab	-1.46 a	-1.68 b				
T5	-0.19 a	-1.48 a	-1.92 bc				
05/01/2006							
T1	-0.91 c	-2.38 b	-2.60 c	254 b	147 b	82 C	
T2	-0.39 ab	-1.93 ab	-1.97 b	302 ab	276 a	203 B	
T3	-0.56 b	-1.96 ab	-2.03 b	259 b	268 ab	236 B	
T4	-0.50 ab	-2.17 ab	-2.03 b	386 a	328 a	272 Ab	
T5	-0.36 a	-1.79 a	-1.70 a	293 ab	336 a	320 A	
10/02/2006							
T1	-0.46 b			1153 a	594 a		
T2	-0.22 a			1177 a	369 c		
T3	-0.37 ab			1083 ab	544 ab		
T4	-0.36 ab			1310 a	580 ab		
T5	-0.33 ab			810 b	408 bc		
16/01/2007(*)							
T1			-1.54 b			175 C	
T2			-1.14 a			403 Bc	
T3			-0.93 a			610 Ab	
T4			-1.08 a			510 Abc	
T5			-1.02 a			746 A	
31/01/2007(*)							
T1			-1.54 c				
T2			-1.39 bc				
T3			-1.09 a				
T4			-1.21 ab				
T5			-1.27 abc				

Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a p=0.05. En las fechas marcadas (\*) se midió el potencial xilemático y no el foliar

### 3.6 EFECTO DEL PATRÓN DE MOJADO EN LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS

#### 3.6.1 Crecimiento de los frutos

Las curvas de crecimiento de los frutos en ambas temporadas (Figura 5) tienen una tendencia similar, con los tratamientos regados por goteo (T2, T3 y T5) con los mayores tamaños, el regado con microjet (T4) tamaño intermedio y el seco (T1) el menor tamaño. Esta tendencia es coincidente con las medidas de agua en el suelo (Figura 1), pero estadísticamente no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

En la temporada 2005/06 los tratamientos con mayores niveles de humedad en el suelo (T2, T3 y T5) presentaron en las primeras etapas del crecimiento del fruto los mayores valores de diámetro de fruto. Pero a partir de enero de 2006 con la ocurrencia de abundantes precipitaciones, se emparejaron los niveles de humedad en todos los tratamientos y esto se vio reflejado en el crecimiento de los frutos. A partir de ese momento el T1 y T4 presentaron una tasa de crecimiento mayor al resto de los tratamientos y por consiguiente al finalizar el crecimiento de los frutos no se registraron diferencias significativas entre tratamientos.

En la temporada siguiente, los frutos de los tratamientos regados por goteo (T2, T3 y T5) si bien presentaron mayores valores de diámetro de frutos no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de las diferencias en los niveles de humedad entre los tratamientos.

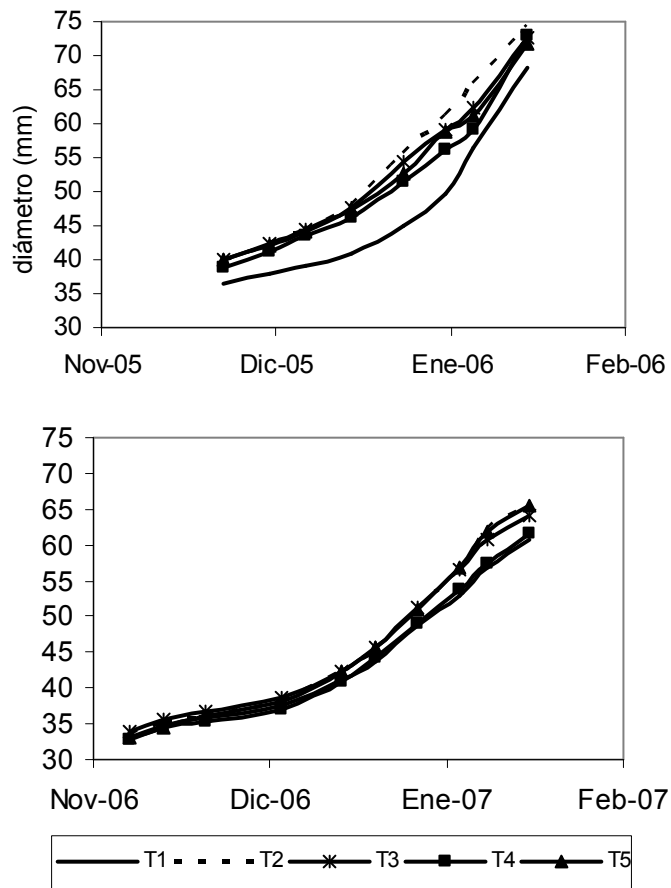


Figura 5. Evolución del diámetro de los frutos en las temporadas 2005/06 y 2006/07

### 3.6.2 Rendimiento

En la primera cosecha del ensayo los cuatro tratamientos regados rindieron significativamente más que el secano (T1), aunque sin diferencias entre ellos (cuadro 4). El menor rendimiento de los árboles de secano se debe tanto a un menor número de frutos como a un menor tamaño de los mismos (cuadro 4). En otros frutales es conocida la relación negativa entre el número y el tamaño de los frutos (Wiegand y Swanson, 1982; Castel y Buj, 1993; García Petillo, 2002). Por lo tanto, que el T1 haya tenido frutos más chicos a pesar de la menor carga, es una clara demostración que ello se debió al estrés hídrico sufrido.

La falta de repuesta en el rendimiento al aplicar diferentes patrones de mojado del suelo es coincidente con los resultados encontrados por otros autores (Mitchel y Chalmers, 1983; Layne et al. 1996). En cambio Bryla et al. (2005) obtuvieron un mayor rendimiento al regar con goteros en comparación con microjets, atribuyendo estos resultados a una menor eficiencia de aplicación de los microjets.

En este ensayo al comparar los rendimientos obtenidos con microjets con el resto de los tratamientos regados por goteo (T2, T3 y T5) no se registraron diferencias estadísticamente significativas. Si bien, el tratamiento con microjets es un método que presenta como desventajas las pérdidas de agua por evaporación directa desde la superficie del suelo, estas pérdidas no se vieron reflejadas en un menor rendimiento.

Por otro lado, se detectaron pérdidas de agua por percolación profunda fundamentalmente en los tratamientos regados con goteros, lo cual estaría afectando la eficiencia de aplicación en estos tratamientos y por consiguiente la repuesta en el rendimiento.

Al evaluar el rendimiento en términos de eficiencia productiva tampoco se registran diferencias significativas entre los tratamientos con riego, pero todos se diferenciaron estadísticamente del tratamiento de seco (T1), salvo el T5 en el parámetro número de frutos por  $\text{cm}^{-2}$  de la sección del tronco (cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados de la cosecha 2006/07. Se presenta el rendimiento expresado en kilos y número de frutos por árbol, tamaño promedio de los frutos y la eficiencia de producción ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ,  $\text{frutos}\cdot\text{cm}^{-2}$ )

Tratamiento	Rendimiento ( $\text{Kg}\cdot\text{árbol}^{-1}$ )	Número de frutos	Tamaño ( $\text{g}\cdot\text{fruto}^{-1}$ )	Rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	Número de $\text{frutos}\cdot\text{cm}^{-2}$
T1	12.52 b	94 c	134 b	0.23 b	1.75 b
T2	19.87 a	132 ab	152 a	0.39 a	2.61 a
T3	22.11 a	145 a	157 a	0.38 a	2.47 a
T4	19.91 a	130 ab	155 a	0.37 a	2.38 a
T5	17.50 a	110 bc	166 a	0.34 a	2.12 ab

Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a  $p < 0.05$ .

Si bien no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos regados para los parámetros de producción, se plantea la hipótesis que los efectos de estos tratamientos, en un cultivo perenne, serán acumulativos y se podrán expresar en años sucesivos.



### 3.6.3 Distribución por calibres

Para los fruticultores es de importancia no sólo obtener altas producciones, sino que éstas sean de los calibres de mayor valor comercial (especial y grande). La Figura 5 muestra la distribución por calibres comerciales de la primera cosecha, expresada tanto en porcentaje como en producción de cada calibre.

De acuerdo al análisis estadístico (cuadro 5) si bien todos los tratamientos con riego presentaron los mayores valores para el calibre especial (de más de 180 g), solamente el T3 y T5 se diferenciaron estadísticamente del tratamiento en seco (T1). Entre los tratamientos regados no se registraron diferencias significativas.

En el calibre intermedio (frutos de 120 a 180 g) todos los tratamientos regados alcanzaron valores estadísticamente superiores al T1, pero entre ellos no se registraron diferencias significativas. Para el calibre de menor tamaño (frutos menores de 120 g) no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los cinco tratamientos. Pero en el T1 este calibre alcanzó un porcentaje de 15% siendo aproximadamente el doble que el promedio de los cuatro tratamientos regados.

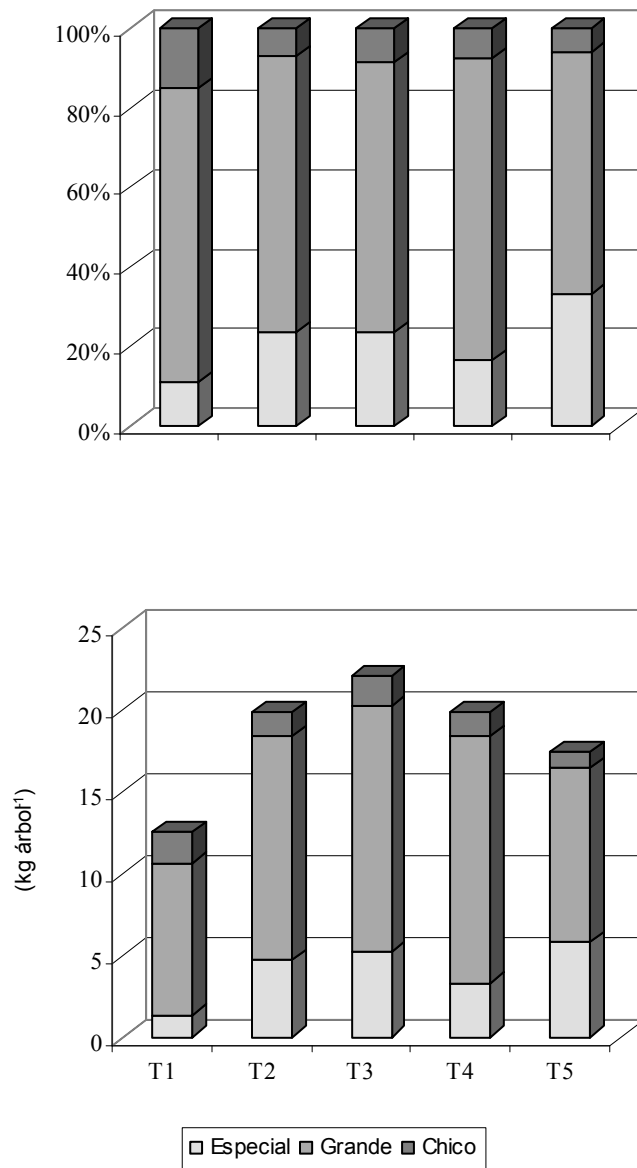


Figura 6. Distribución por calibres (en porcentaje y en kg árbol<sup>-1</sup>) de la producción en la temporada 2006/07

Cuadro 5. Distribución de la fruta por calibre

Tratamiento	Calibre especial (Kg)*	Calibre grande (Kg)*	Calibre chico (Kg)*
T1	3.2 b	22.3 b	4.4
T2	14.1 ab	41.0 a	4.3
T3	15.4 a	44.9 a	5.6
T4	9.3 ab	42.2 a	4.3
T5	19.9 a	36.8 a	3.7
			n.s

\*Los datos presentados corresponden al promedio por parcela. Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a  $p=0.05$ .

#### 4. CONCLUSIONES

1. En las variables potencial hídrico foliar y xilemático, conductancia estomática, rendimiento y tamaño promedio de los frutos, los tratamientos que recibieron riego no se diferenciaron estadísticamente entre sí, pero todos presentaron valores significativamente superiores al seco ( $p < 0.05$ ).

2. El porcentaje de volumen de suelo mojado regando con una sola línea portagotos por fila de árboles (T2 y T3) fue similar (16 y 18%), independiente de los distintos caudales y distancias entre ellos (1,6 y 4,0 L h<sup>-1</sup>, 0,40 y 1,00 m, respectivamente).

3. Usando microjets no se logró aumentar significativamente el porcentaje del volumen de suelo mojado, llegando sólo a 22% de la proyección de la copa.

4. Regando con dos líneas portagotos por fila se dio un aumento significativo del porcentaje de volumen de suelo mojado (44%).

5. No se evidenció ninguna respuesta significativa entre los tratamientos regados al porcentaje de suelo mojado para todas las variables analizadas. En ningún caso el T5, que mojaba más del doble de volumen que los otros tratamientos, tuvo una respuesta diferencial.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guideline for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper n°. 56, Rome: FAO. 300 p.
- Baccino, G. y García, M. 1995. Efecto de dos momentos de riego y dos manejos del suelo en el rendimiento y la calidad de duraznero cv. "Rey del Monte". Boletín de Investigación N° 46. Facultad de Agronomía. 24p.
- Black, J. D.; West, D.W. 1974. Water uptake by an apple tree with various proportions of the root system supply with water. In: International Drip Irrigation Congress (2º., 1974, Riverside). Proceedings. Riverside, California University. pp. 432-433.
- Black, J.D.; Mitchell, P.D. 1974. Changes in root distribution of mature pear trees. In: International Drip Irrigation Proceedings. (2º., 1974, Riverside). Proceedings. Riverside, California University. pp.437-438.
- Bryla, D.R.; Trout, T.J.; Ayars J.E.; Johnson, R.S. 2003. Growth and production of young peach trees irrigated by furrow, microjet, surface drip, or subsurface drip systems. HortScience. 38 (7): 1112-1116.
- Bryla, D.R.; Dickson, E.; Shenk, R.; Johnson, R.S.; Crisosto, C.H.; Trout, T.J. 2005. Influence of irrigation method and scheduling on patterns of soil and tree water status and its relation to yield and fruit quality in peach. HortScience. 40 (7): 2118-2124.
- Castel, J.R.; Buj, A. 1993. Riego por goteo deficitario en naranjos adultos "Salustiana" durante siete años. Investigación agrícola: Producción y protección vegetal. 8 (2): 191-204.
- Chalmers, D.J.; Olson, K.A.; Jones T.R. 1983. Water relations of peach trees and orchards. In: T.T. Koslowski (ed.) Water deficits and plant growth. Academic Press, New York. Vol 3:197-232.
- Daniell, J.W. 1982. Effect of trickle irrigation on the growth and yield of "Loring" peach trees. J. Hort. Sci. 57 (4): 393-399.
- Durán, A.; Califra, A.; Molfino, J.H.; LYNN W. 2005. Keys to soil taxonomy for Uruguay. Washington: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 77 p.

- García Petillo, M. 2002. Respuesta a diferentes manejos del riego y balance hídrico de un huerto de cítricos. Tesis Doctoral. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 194 p.
- García Petillo, M.; Puppo, L.; Chamorro, A.; Hayashi, R. 2004. Effects of drip irrigation water amount and soil wetted volume on "Washington Navel" orange yield. *Acta Horticulturae*. 646: 101-106.
- García Petillo, M.; Hayashi, R.; Puppo, L.; Morales, P. 2005 Desarrollo del bulbo húmedo bajo riego localizado en suelos estratificados del Uruguay. En: Congreso Internacional de Riego y Drenaje Cuba-Riego ( 2º., 2005, La Habana). Memorias. La Habana, Instituto de Investigación de Riego y Drenaje. CD Rom.
- Garnier, E.; Berger, A. 1985. Testing water potencial in peach trees as indicator of water stress. *Journal of Horticultural Science*. 60 (1): 47-56.
- Ghrab, M.; Sahli, A.; Ben Mechlia, N. 1998. Reduction in vegetative growth and fruit quality improvent in the peach variety "Carnival" through moderate watering restrictions. *Acta Horticulturae*. 465: 601- 608.
- Gispert, J.R. 2003. Evaluación del volumen de suelo húmedo en micro-irrigación. Influencia del porcentaje de este volumen sobre el comportamiento del olivo (*Olea Europea* L. cult. "Arbequina"). *Estudios de la zona no saturada del suelo*. 6: 51-57.
- Goldhamer, D.A.; Kjelgren, R.; Moore, J.M.; Lane. J. 1985. Low volumen sprinkler surface and subsurface distribution uniformity. *Proceeding of the III International Drip/Trickle Irrigation Congress*. Vol. II. USA. pp. 857-857.
- Goode, J.E.; Higgs, K.H. and Hyricz, K.J. 1978. Trickle irrigation of apple trees and the effects of liquid feeding with  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{K}^+$  compared with normal manuring. *Journal of Horticultural Science*. 53: 307-319.
- Hand, M.J.; Young, E.; Vasconcelos, A.C. 1982. Leaf water potential, stomatal resistance, and photosynthetic response to water stress in peach seedlings. *Plant Physiol*. 69: 1051-1054.
- Hermoso, J.M.; Torres M.D.; Farré J.M. 2003. *Proceedings V World Avocado Congress*. pp. 289-294.

- Hsiao, T.C.; Fereres, E.; Acevedo, E.; Henderson, D.W. 1976. Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. In: Lange, O. L., Kappen, L., Schulze, E.D. (ed), Ecological studies. Analysis and synthesis, v.19. Water and plant life. Berlin. Springer-Verlag. pp. 281-305.
- Iglesias, I., Disegna, E., Cabrera, D. 2003. Principales aspectos de la fruticultura en Uruguay. *Fruticultura Profesional*. 138: 39-55.
- Keller, J.; Karmelli, D. 1974. *Trickle Irrigation Desing. Raind Bird*. Glendora, California, USA. 133 p.
- Keller, J. 1978. Trickle Irrigation. Section 15-7. National engineering handbook. Glendora. Soil Conservation Service. 129 p.
- Keller, J.; Bliesner, R. 1990. *Sprinkle and trickle irrigation*. New York: Van Nostrand Reinhold. 652p.
- Koo, R.C.; Smajstrla, A.G. 1985. Trickle irrigation of citrus on sandy soils in a humid region. In: *International Drip Irrigation Congress (3º.,1985, Fresno)*. Proceedings. Fresno, ASAE. pp. 212-219.
- Koumanov, K.S.; Hopmans, J.W.; and Schwankl, L.J. 1997. Soil water dynamics in the root zone of a micro-sprinkler irrigated almond tree. *Acta Horticulturae*. 664: 369-375
- Layne, R.C.; Tan, C.S.; Fulton, J.M. 1981. Effect of irrigation and tree density on peach production. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 106 (2): 151-156.
- Layne, R.C.; Tan, C.S. 1984. Long-term influence of irrigation and tree density on growth, survival and production of peach. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 109: 795-799.
- Layne, R.C.; Tan, C.S. 1988. Influence of cultivars, ground cover, and trickle irrigation on early growth, yield, and cold hardiness of peach on fox sand. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 113 (4): 518-525.
- Layne, R.C.; Tan, C.S. 1994. Cultivar, ground cover, and irrigation treatments and their interactions affect long-term performance of peach trees. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 119: 12-19.

- Layne, R.C; Tan, C.S; Hunter, D.M.; Cline, R.A. 1996. Irrigation and fertilizer application methods affect performance of high-density peach orchards. *HortScience*. 31 (3): 370-375.
- Levin, I.; Assaf, R.; Bravdo, B. 1979. Soil moisture and root distribution in apple orchard irrigation by tricklers. *Plant and Soil*. 52: 31-40.
- López, J. R.; Hernández, J. M.; Pérez, A.; González, J. F. 1992. Riego localizado. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 405 p.
- Michelakis, N.; Klapaki, G.; Vouyoukalou, E.; Barbopulu, E. 1997. Effect of drip lines number on the water use, wetted soil volume and yield of avocados. *Acta Horticulturae*. 449 (1):147-152.
- Mitchell, P.D.; Chalmers, D.J. 1983. A comparison of microjet and point emitter (trickle) irrigation in the establishment of a high-density peach orchard. *HortScience*. 18 (3): 472-474.
- Moreshet, S.; Cohen, Y.; Fuchs, M. 1983. Response of mature "Shamouti" orange trees to irrigation of different soil volumes at similar levels of available water. *Irrigation Science*. 3:223-236.
- Morris, J.R.; Katlan, A.A.; Arrington, E.A. 1962. Response of Elberta peaches to the interactive effects of irrigation on pruning and thinning. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci*. 80:177-189.
- Pelletier, G.; Tan, C.S. 1993. Determining irrigation wetting patterns using time domain reflectometry. *HortScience*. 28 (4): 338-339.
- Pizarro, F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 471p.
- Rolston, D. E.; Biggar, J.W.; and Nightingale, H.I. 1991. Temporal persistence of spatial soil-water patterns under trickle irrigation. *Irrigation Science*. 12: 181-186.
- Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Bradstreet, E.D.; Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*. 148: 339-346.
- Shackel, K. 2001. The use of midday stem water potential for irrigation scheduling and water stress diagnosis in prune and almond. *International Symposium Irrigation and Water Relations in Grapevines and Fruit Trees, 2001, Mendoza. Proceedings. Mendoza: ISHS. 2001. CD. Rom.*



- Tan, C.S.; Buttery, B.R. 1982. The effect of soil moisture stress to various fractions of the root system on transpiration, photosynthesis, and internal water relations of peach seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 845-849.
- Thorburn, P.J.; Cook, F.J.; Bristow, K.L. 2003. Soil-dependent wetting from trickle emitters: implications for system design and management. *Irrigation Science.* 22: 121-127.
- Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. DIEA. Anuario Estadístico Agropecuario. 2009
- Wiegand, C.L.; Swanson, W.A. 1982. Citrus response to irrigation: II. Fruit yield, size and number. *Journal Rio Grande Valley Horticultural Society.* 35: 87-95.
- Willoughby, P.; Cockroft, B. 1974. Changes in root patterns of peach trees under trickle irrigation. In: *International Drip Irrigation Congress (2º, 1974, Riverside). Proceedings.* Riverside, University of California. pp. 439-442.
- Zekri, M.; Parsons, L.R. 1988. Water relations of grapefruit tree in response to drip, microsprinkler irrigation. *Journal of American Society of Horticultural Science.* 113 (6): 819-823.

## 6. ANEXO

### 6.1 ARTÍCULO CIENTÍFICO

#### **Respuesta del duraznero a diferentes patrones de aplicación del agua**

Pablo Morales<sup>1</sup>, Mario García-Petillo<sup>1</sup>, Raquel Hayashi<sup>1</sup> & Lucía Puppo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Avda. E. Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay. Fone: +(5982)3570491 E-mail: [pmorales@fagro.edu.uy](mailto:pmorales@fagro.edu.uy); [mgarciap@fagro.edu.uy](mailto:mgarciap@fagro.edu.uy); [rhayashi@fagro.edu.uy](mailto:rhayashi@fagro.edu.uy); [lpuppo@fagro.edu.uy](mailto:lpuppo@fagro.edu.uy)

**Resumen:** Se realizó un experimento durante tres años (2004/05 a 2006/07) sobre un monte de duraznero recién implantado en el sur de Uruguay. Se aplicaron cinco tratamientos de riego: secano (T1), goteros de 1,6 L h<sup>-1</sup> a 0,4 m (T2), goteros de 4 L h<sup>-1</sup> a 1 m (T3), microjets de 21 L h<sup>-1</sup> a 5 m (T4) y goteros de 2 L h<sup>-1</sup> a 1 m, dos líneas por fila (T5), en un diseño experimental en cuadro latino. Las parcelas eran de siete plantas en un marco de plantación de 2,5 x 4,5 m. En todos los tratamientos con riego se aplicó la misma dosis de agua, de forma de cubrir el 100% de la ETc. El porcentaje de volumen de suelo mojado fue de 16, 18, 22 y 44% para los tratamientos T2, T3, T4 y T5 respectivamente. En las variables peso de poda, potencial hídrico foliar y xilemático, conductancia estomática, crecimiento de frutos, rendimiento y tamaño promedio de los frutos, los tratamientos que recibieron riego no se diferenciaron estadísticamente entre sí, pero todos presentaron valores significativamente superiores al secano ( $p < 0.05$ ). No se evidenció ninguna respuesta entre los tratamientos regados al porcentaje de suelo mojado, para ninguna de las variables analizadas. Se plantea la hipótesis que los efectos de estos tratamientos, en un cultivo perenne, serían acumulativos y se podrían expresar en años sucesivos.

**Palabras-clave:** frutales de hoja caduca, patrones de mojado, *Prunus persica*, riego localizado, volumen de suelo mojado

### **Peach trees response to different water application patterns.**

**Abstract:** An experiment was carried out for three years (2004/05 to 2006/07) on a just implanted peach grove, in the south of Uruguay. Five irrigation treatments were applied: without irrigation (T1), drippers of 1.6 L h<sup>-1</sup> at 0.4 m (T2), drippers of 4 L h<sup>-1</sup> at 1 m (T3), microjets of 21 L h<sup>-1</sup> at 5 m (T4) and drippers of 2 L h<sup>-1</sup> at 1 m, two lines by row (T5), following a Latin square experimental design. The experimental plots had seven trees in a plantation frame of 2.5 x 4.5 m. In all treatments with irrigation, the same water dose was applied, in order to fulfill the 100% of the ETc. The percentage of wetted soil volume was 16, 18, 22 and 44% for treatments T2, T3, T4 and T5 respectively. Regarding variables, prune weight, foliar and xilematic water potential, stomata conductance, fruits growth, yield and average size of the fruits, the treatments with irrigation were not statistically different, but all of them were significantly different from the treatment without irrigation ( $p < 0.05$ ). No response to the percentage of wet soil among the irrigated treatments was detected, for any of the analyzed variables. The hypothesis that the effects of these treatments, in a perennial crop, would be cumulative and would possibly show up in the following years is considered.

**Key words:** fruit trees, wetting patterns, *Prunus persica*, microirrigation, soil wetted volume

### **INTRODUCCIÓN**

En Uruguay la fruticultura ocupa una superficie de 7900 ha de las cuales 50% corresponde a manzanos (*Malus domestica* Borkh), el 30% corresponde a duraznero (*Prunus persica* L. Batch) y el 14% a peral (*Pyrus communis* L.) (MGAP, 2009). La producción de duraznos está destinada principalmente al mercado interno con valores promedios de 18640 t. En las condiciones climáticas de Uruguay si bien se registran precipitaciones con valores anuales promedio de 1200 mm, ocurren períodos de déficit hídricos durante la estación de crecimiento que afectan la producción y la calidad de la

fruta cosechada. Por consiguiente, cada vez es más frecuente el uso de riego suplementario en el cultivo de duraznero, con una superficie bajo riego de 51% del total plantada (MGAP, 2009).

El principal sistema de riego utilizado en frutales en Uruguay y en el mundo corresponde al riego localizado, el cual utiliza pequeños caudales a baja presión, alta frecuencia y no moja la totalidad del suelo (López et al., 1992). Black & West (1974) trabajando en manzanos jóvenes obtuvieron una reducción de tan solo el 25% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) al reducir el volumen de suelo mojado a un 25%. En función de este experimento básico, varios investigadores han realizado trabajos a efectos de determinar el porcentaje de suelo mojado necesario para no afectar los rendimientos en naranjas (Moreshet et al., 1983; Koo & Smajstrla, 1985) duraznero, almendros y en olivos (Willoughby & Cockroff, 1974; Fereres, 1981; Gispert, 2003). Según Keller (1978), no ha sido establecido un valor mínimo absoluto para el porcentaje de suelo mojado y tentativamente aconseja para cultivos ampliamente espaciados, porcentajes superiores al 20% en zonas de alta precipitación y suelos de textura arcillosa, y entre 33 a 55% en zonas de baja precipitación.

Las investigaciones de repuesta al porcentaje de suelo mojado en frutales de hoja caduca y especialmente en climas húmedos, actualmente son muy escasas. En el Uruguay se realizó un experimento de respuesta al volumen de suelo mojado en naranja “Washington Navel”, obteniéndose un incremento de 6% en el rendimiento al aumentar el porcentaje de suelo mojado de 20 a 35% (García-Petillo et al., 2004). En un trabajo posterior, García-Petillo et al. (2005) establecieron que en los suelos estratificados y pesados, típicos de la zona frutícola sur del Uruguay, los patrones de mojado en riego por goteo fueron sustancialmente diferentes a los esperables de acuerdo a la bibliografía. El ancho de la banda mojada fue generalmente menor a lo esperado y en situaciones de riego tal cual lo manejan los productores, muchas veces ni siquiera se solapan los bulbos mojados. Las pérdidas por percolación detectadas fueron importantes, por lo que se está sobreestimando la eficiencia de aplicación del método, y por lo tanto sub-irrigando el cultivo.

En este trabajo se plantea como objetivo evaluar la repuesta vegetativa y productiva de un monte joven de duraznero cv. “Dixiland” al variar el patrón de mojado mediante el uso de diferentes emisores.

Este objetivo se fundamenta en la necesidad de realizar investigación nacional a los efectos de generar la información que permita el correcto diseño y manejo del riego localizado en las condiciones de Uruguay.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en un monte de duraznero (*Prunus persica* L. Batch) en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, 34° 37' S, 56° 13' W, a 31 km al norte de la ciudad de Montevideo.

El monte se implantó en setiembre de 2003. Se utilizó una variedad de estación cv “Dixiland” injertada sobre pie franco de pavía moscatel (*Prunus pérsica* L. Batsch). El marco de plantación fue de 4,5 m en la entrefila por 2,5 m en fila, lo que determina una densidad de plantación de 888 árboles por hectárea. El sistema de conducción fue en vaso moderno con tres líderes.

El suelo del ensayo es un Argiudol Páchico, fino esmectítico térmico (Durán et al., 2005), con la siguiente descripción (Tabla 1):

Tabla 1. Descripción del suelo del ensayo y parámetros hídricos del mismo

Horizonte	Prof. (cm)	Textura	D. Ap. (g cm <sup>-3</sup> )	CC (mm dm <sup>-1</sup> )	PMP (mm dm <sup>-1</sup> )	A.D. (mm dm <sup>-1</sup> )
A	0 – 25	Fr Lim	1.12	31	18	13
B	25 – 45	Fr Arc Lim	1.36	36	22	14
BC	45 - 75	Fr Arc Lim	1.35	40	23	17

Los tratamientos se comenzaron a aplicar a partir de la segunda temporada de crecimiento (2004-05), debido a que en el primer año se regaron todos los árboles a los efectos de asegurar la correcta implantación de los mismos.

Se aplicaron cinco tratamientos de riego en un diseño de cuadro latino, con cinco repeticiones. Las parcelas eran de siete árboles contiguos de los cuales se evaluaron los cinco centrales.

Los tratamientos fueron:

T1) Secano

T2) Goteros de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$  a 0,4 m

T3) Goteros de  $4 \text{ L h}^{-1}$  a 1 m

T4) Microjets de  $21 \text{ L h}^{-1}$  a 5 m

T5) Goteros de  $2 \text{ L h}^{-1}$  a 1 m, con dos líneas por fila.

El caudal de todos los tratamientos regados era, por lo tanto,  $4 \text{ L h}^{-1}\text{m}^{-1}$ . A estos cuatro tratamientos se les aplicó la misma dosis de agua, equivalente al 100% de la  $ET_c$ , y la diferencia entre ellos fue el patrón de mojado. La  $ET_c$  se estimó mediante la metodología de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), utilizando los datos climáticos obtenidos de una estación automática Davis modelo Vantage Pro instalada en el sitio del experimento.

Se realizaron muestreos para la determinación de la forma y tamaño de los bulbos mojados en los cuatro tratamientos con riego y también en el T1 (secano) como control. Los mismos se repitieron en dos fechas diferentes, el 12 de noviembre y el 21 de diciembre de 2005, con tiempos de riego de 2 h y 3 h 15 min, respectivamente.

Para el muestreo se sacaron muestras de suelo a intervalos de profundidad de 0,20 m, utilizando un taladro tipo holandés.

La cuadrícula se conformó por tres transectas perpendiculares a la línea de goteo, una debajo del gotero, otra en el punto medio entre dos goteros y la tercera en el punto medio entre las dos anteriores. En cada una de ellas se marcaron sitios a intervalos de 0,20 m desde el gotero hacia ambos lados de la línea. Se utilizaron tantos sitios y profundidades como fue necesario para incluir todo el bulbo mojado en cada caso.

Se determinó el contenido de humedad de las muestras mediante el método gravimétrico y con el valor de densidad aparente correspondiente a cada horizonte, se calculó el contenido de agua volumétrico.

Durante las tres temporadas de evaluación (2004-2007) se realizaron determinaciones semanales de la humedad de suelo, mediante una sonda de neutrones marca CPN modelo 503DR HYDROPROBE, en tres parcelas por tratamiento. Cada tubo de acceso estaba situado en la fila, equidistante de dos goteros contiguos.

Las variables de crecimiento vegetativo evaluadas fueron sección de tronco y peso de poda (el crecimiento de brotes y el volumen de copa fue medido pero aquí no se presentan estos resultados). Las determinaciones se realizaron en los cinco árboles de cada parcela (125 árboles en total).

La sección de tronco se estimó a partir de la medición de la circunferencia. Ésta se realizó cada cuatro meses aproximadamente en los períodos invernales y cada dos meses en la estación de crecimiento. Las podas se hicieron cada vez que fue necesario por razones de manejo y conducción del árbol, siendo bastante frecuentes en estos primeros años, ya que se estaba en su etapa de formación.

Se midió la conductancia estomática utilizando un porómetro marca DELTA-T modelo AP4 en tres a seis hojas por tratamiento, en tres fechas diferentes y en diferentes horas a lo largo del día.

También se midió el potencial hídrico foliar, utilizando una cámara de presión marca Soilmoisture modelo 3005-1412, en tres a seis hojas por tratamiento, siguiendo los procedimientos descritos por Scholander et al. (1965). Las mediciones se hicieron antes del amanecer, a media mañana y a máxima demanda atmosférica.

En la temporada 2007 en lugar del potencial hídrico se midió el potencial xilemático, cubriendo las hojas una hora antes de la medición con un film plástico y sobre éste uno de aluminio, siguiendo la metodología de Shackel (2001).

Se realizaron mediciones de crecimiento de frutos en cinco frutos por árbol en dos árboles por parcela, totalizando 50 frutos por tratamiento, durante las temporadas

2005/06 y 2006/07. En cada fruto se tomaban, utilizando un calibre digital electrónico, dos medidas de diámetro perpendiculares entre sí las que luego se promediaban.

La primera cosecha de importancia comercial fue la de la temporada 2006-07. Se evaluó el rendimiento de cada uno de los árboles, el número de frutos de los mismos y en base a estos dos valores se estimó su peso promedio. Se tomaron muestras compuestas de 150 frutos por parcela, los que se calibraron y separaron en tres categorías comerciales: Especial (mayores a 180 g), Grandes (120 a 180 g) y Chicos (menores de 120 g).

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS. En las variables de evolución en el tiempo se aplicaron “Modelos de heterogeneidad de curvas”. Se realizaron análisis de varianza “ANOVA” y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de  $p (<0.05 \%)$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Clima y riego aplicado

La evapotranspiración del cultivo fue incrementándose en los tres años sucesivos, a medida que los árboles aumentaban su tamaño (Tabla 2).

Tabla 2. Fecha de inicio y fin del riego, riego total aplicado (mm),  $ET_c$  estimada del cultivo (mm) y lluvias totales (mm) en las tres temporadas de evaluación del ensayo

	2004/2005	2005/2006	2006/2007
Período	18/10 – 12/04	17/10 – 18/05	12/10 – 02/03
Riego	170	404	210
$ET_c$	341	570	702
Lluvia	924	511	447

En la primera temporada, a pesar de las altas precipitaciones registradas que superaron ampliamente a la evapotranspiración del cultivo, fue necesario aplicar 170 mm de riego. Esto se debió a la irregular distribución de las mismas, con lluvia por debajo de la media en diciembre y enero y muy por encima en febrero.



En la temporada 2005/2006 las lluvias fueron inferiores a la media en la primavera (octubre a diciembre) y luego alrededor de la media en verano (enero a marzo). A pesar de esto, fue necesario aplicar más de 400 mm de riego.

En la última temporada (2006/2007), durante la primavera llovió alrededor de la media, pero casi no se registraron precipitaciones en enero. Debido a problemas operativos con el equipo de riego, la cantidad de agua aplicada no llegó, en algunas ocasiones, a cubrir la demanda del cultivo. A la fecha del 2 de marzo, se deberían de haber regado más de los 210 mm que se habían aplicado hasta ese momento.

### **Evolución de la humedad en el suelo**

En la temporada 2004/2005, el contenido de agua en los tres tratamientos regados por goteo (T2, T3, T5) se mantuvo siempre próximo a capacidad de campo (CC). Por el contrario, el tratamiento regado por microjet (T4) tuvo casi exactamente el mismo comportamiento que el secano (T1).

El ensayo se manejó regando simultáneamente los cuatro tratamientos. Para esto, los tiempos y frecuencias de riego se calcularon en función del riego por goteo. Si se hubiera manejado considerando prioritariamente el microjet, se hubiera elegido una menor frecuencia y por lo tanto mayores tiempos de riego. En definitiva, el manejo tal cual se hizo perjudicó el tratamiento con microjet en beneficio de los tratamientos con goteros, especialmente en esta temporada en que los árboles eran muy chicos y por lo tanto las láminas de riego muy reducidas.

En la temporada 2005/2006 el T2 y T5 permanecieron en un rango adecuado de humedad, mientras que el T1 y T4, por las mismas causas del año anterior, descendieron por debajo del punto de marchitez permanente (PMP). En esa temporada también se nota una caída en el contenido de humedad en el T3. Este tratamiento es con goteros de  $4 \text{ L h}^{-1}$  a 1 m, y el tubo de acceso para la sonda está ubicado entre ambos. Este descenso estaría mostrando que a la profundidad considerada (0–45 cm), los bulbos no se solapan suficientemente.

En la temporada 2006/2007, el comportamiento es similar al año anterior, con la salvedad que hacia el final de la temporada, debido a los problemas operativos del equipo de riego ya señalados, el contenido de agua en todos los tratamientos regados tuvo una tendencia a descender (Figura 1).

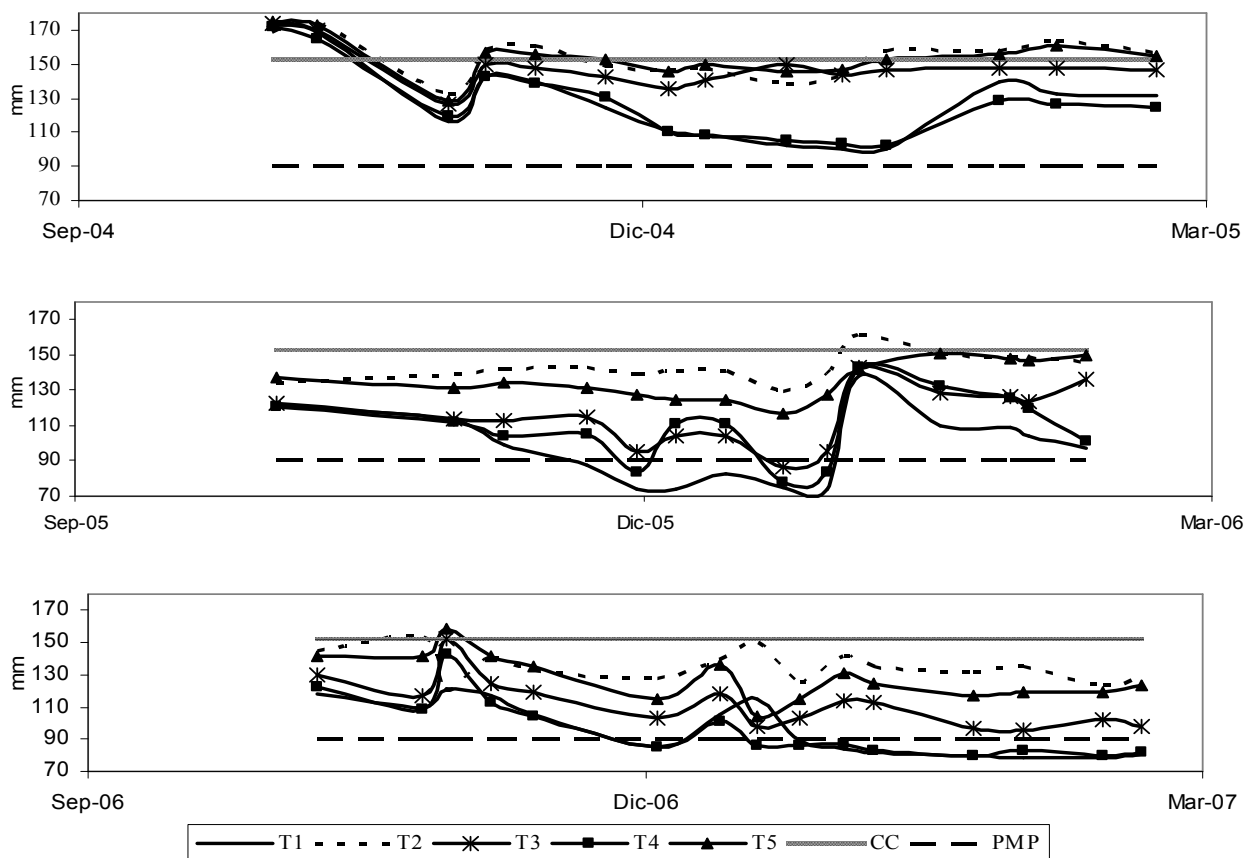


Figura 1. Evolución de la humedad del suelo en los cinco tratamientos, en las temporadas 2004/05, 2005/06 y 2006/07. CC – capacidad de campo, PMP – punto de marchitez permanente. Todos los valores en mm totales en el perfil de 0 a 45 cm.

### Forma de los bulbos mojados

En este trabajo sólo se presentan los resultados correspondientes al muestreo realizado el 21 de diciembre de 2005, con un tiempo de riego de 3 h 15 min (Figura 2). Los valores corresponden a una transecta perpendicular a la fila, bajo el gotero y no se presentan los resultados de las otras transectas.

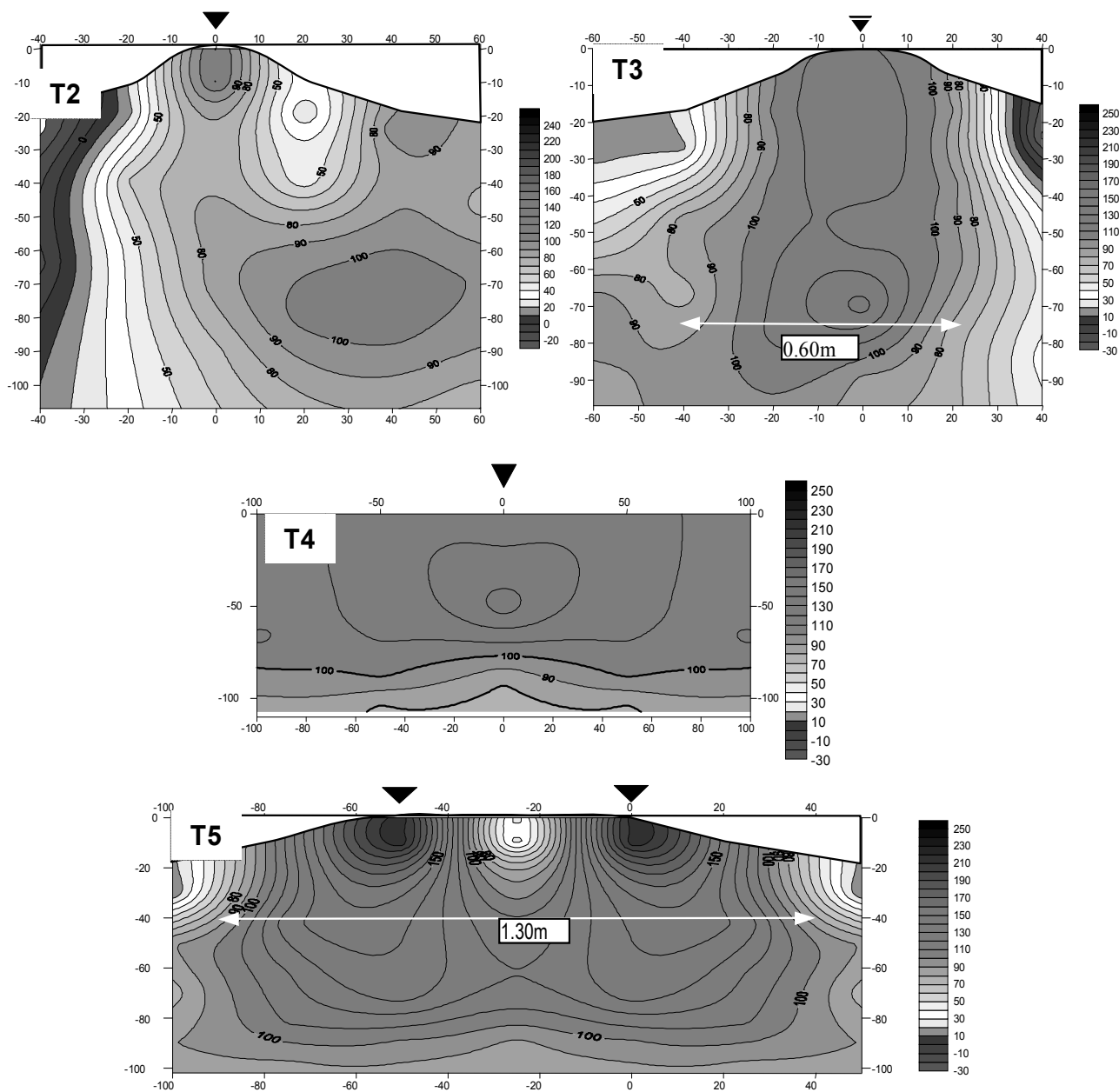


Figura 2. Contenido de agua en el suelo, en los cuatro tratamientos

En la Figura 2, la escala corresponde a contenido de humedad del suelo expresado como porcentaje respecto al agua disponible total del perfil. Un valor de 100 corresponde a CC y un valor de 0 corresponde al PMP. Las flechas en la parte superior de cada gráfico indican la posición del gotero (o los dos goteros en el caso de la doble línea del T5).

El porcentaje de suelo mojado, a 0,30 m de profundidad, calculado respecto a la superficie de la proyección horizontal de la copa fue: T2 16, T3 18, T4 22 y T5 44%.

En el caso del T4 (microjet), en la Figura 2 se ve que cubre una superficie importante de dos metros de ancho, en la transecta perpendicular a la fila y bajo el emisor. Sin embargo, en el sentido de la fila sólo alcanza 1,25 m (datos no mostrados), pues parte del agua es interceptada por la copa.

Es bastante sorprendente también el similar volumen de suelo mojado por el T2 y el T3, a pesar de que la diferencia de caudal de los emisores y la distancia entre ellos era más del doble ( $1,6$  y  $4,0 \text{ L h}^{-1}$ ,  $0,40$  y  $1,00 \text{ m}$ , respectivamente).

Estos resultados muestran que en los suelos estratificados y pesados, típicos de la zona frutícola sur del Uruguay, los patrones de mojado fueron diferentes a los esperados de acuerdo a la bibliografía, obteniéndose menores diámetros en todos los casos. Según Keller & Bliesner (1990) se deberían dar diámetros de mojado superiores a  $1,25 \text{ m}$  en esta situación.

Por otra parte el incremento de las horas de riego, provocó un aumento del área mojada en los tratamientos con goteros de  $2$  y  $4 \text{ L h}^{-1}$  (resultados no presentados). Sin embargo, como consecuencia del aumento del tiempo de riego se incrementaron las pérdidas por percolación, disminuyendo la eficiencia de aplicación del método ya que parte del agua aplicada no fue aprovechada por el cultivo.

Estos resultados concuerdan con los de Pizarro (1990) quien indica un mayor movimiento vertical del agua al aumentar el tiempo de riego afectando muy poco el desarrollo horizontal de la zona mojada.

El único tratamiento que logró aumentar significativamente el porcentaje de suelo mojado fue el T5, que utiliza dos líneas portagotos.

Los porcentajes de suelo mojado logrados son similares a los recomendados por Keller & Bliesner (1990). Sin embargo se ha comprobado que en regiones con abundantes lluvias, el porcentaje de mojado debe ser mayor debido a que las raíces se extienden más allá de la zona mojada y la respuesta de las plantas varía directamente con el aumento del área mojada (Zekri & Parsons, 1988).

### **Parámetros de crecimiento vegetativo**

Los dos parámetros de crecimiento vegetativo que se presentan en este trabajo tienen un comportamiento similar. En ambos casos la tendencia es que el T3 produce los mayores crecimientos, mientras que el secano (T1) los menores.

Para el peso de poda, los cuatro tratamientos regados no difieren entre sí, pero sí se diferencian estadísticamente del secano ( $p < 0.05$ ).

En el caso de la sección transversal del tronco, hasta el inicio de la primavera de 2006 el T3 era significativamente mayor que el secano ( $p < 0.05$ ), mientras que T2, T4 y T5 no se diferenciaron del T1 ni del T3. Sin embargo y luego de las lluvias ocurridas en octubre, noviembre y diciembre (357 mm en total), el secano tuvo la mayor tasa de crecimiento y en la última medición realizada (10/1/07) no hubo diferencias entre los tratamientos (Figura 3

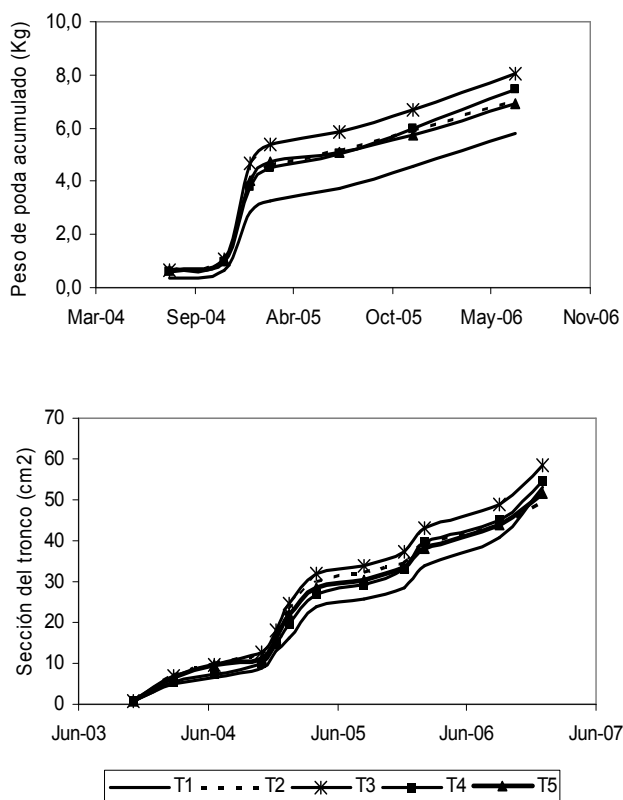


Figura 3. Peso de poda acumulado, en  $\text{kg árbol}^{-1}$  y evolución de la sección transversal del tronco, en  $\text{cm}^2$ , desde el inicio del experimento

Al comparar el tratamiento con microjet (T4) con los tratamientos de riego por goteo (T2, T3, T5), si bien no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, el T3 superó en ambas variables al tratamiento con microjet. Estos resultados son coincidentes con los reportes de Bryla et al. (2003, 2005), quienes obtuvieron un mayor peso de poda y sección transversal del tronco en árboles regados por goteo en comparación con los regados con microjets, atribuyendo estos resultados a la baja eficiencia de aplicación de los microjets.

### **Parámetros fisiológicos**

El potencial hídrico foliar medido antes del amanecer (entre 4 y las 6 h), es un indicador del estado hídrico del árbol en equilibrio con el contenido de agua del suelo, ya que se hace en ausencia de transpiración (Garnier & Berger, 1985).

En las distintas fechas, el secano está siempre con un potencial significativamente más negativo que los tratamientos regados. Entre éstos, si bien existen diferencias significativas, no se dan con un patrón claro. Es así que en la primera fecha el T2 supera al T4, y en la segunda y tercera fecha el T5 supera al T3. En la cuarta fecha no existen diferencias entre los tratamientos regados (Tabla 3).

Es bastante sorprendente verificar que el T3 es generalmente el que tiene el menor potencial de todos los tratamientos regados cuando, de acuerdo a lo visto en el apartado 4 es el que tuvo los mayores crecimientos vegetativos.

De acuerdo a Hsiao et al. (1976), en muchos cultivos el proceso más sensible al estrés hídrico es el crecimiento expansivo. Generalmente, este proceso es aún más sensible al estrés hídrico que la apertura estomática como consecuencia del rol crítico que tiene el turgor en dicho proceso.

Las medidas de potencial hídrico tomadas a media mañana y al mediodía siguen la misma tendencia que las de antes del amanecer. Lo mismo puede decirse del potencial xilemático.

Las medidas de conductancia muestran una muy buena relación con las de potencial: los tratamientos de menor potencial hídrico tienen también menor conductancia estomática. La excepción a esta norma fue la medida del 10/2/06 a primera hora, en que el secano era el que tenía el menor potencial, pero la menor conductancia la tenía el T5.

Tabla 3. Potencial hídrico foliar (MPa) y conductancia estomática (mMol cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) en las diferentes fechas y horas del día

hora	Potencial hídrico					Conductancia						
	05:00	10:00	13:00	08:00		10:00	13:00					
04/01/2005												
T1	-0.82	c	-1.95	c	-1.91							
T2	-0.27	a	-0.99	a	-1.07							
T3	-0.36	ab	-1.36	b	-1.20							
T4	-0.48	b	-1.53	b	-1.50							
T5	-0.39	ab	-1.06	a	-1.15							
13/12/2005												
T1	-0.62	c	-2.00	b	-1.89							
T2	-0.21	ab	-1.55	a	-1.35							
T3	-0.30	b	-1.55	a	-1.97							
T4	-0.35	ab	-1.46	a	-1.68							
T5	-0.19	a	-1.48	a	-1.92							
05/01/2006												
T1	-0.91	c	-2.38	b	-2.60	c	254	b	147	b	82	c
T2	-0.39	ab	-1.93	ab	-1.97	b	302	ab	276	a	203	b
T3	-0.56	b	-1.96	ab	-2.03	b	259	b	268	ab	236	b
T4	-0.50	ab	-2.17	ab	-2.03	b	386	a	328	a	272	ab
T5	-0.36	a	-1.79	a	-1.70	a	293	ab	336	a	320	a
10/02/2006												
T1	-0.46	b					1153	a	594	a		
T2	-0.22	a					1177	a	369	c		
T3	-0.37	ab					1083	ab	544	ab		
T4	-0.36	ab					1310	a	580	ab		
T5	-0.33	ab					810	b	408	bc		
16/01/2007(*)												
T1					-1.54	b					175	c
T2					-1.14	a					403	bc
T3					-0.93	a					610	ab
T4					-1.08	a					510	abc
T5					-1.02	a					746	a
31/01/2007(*)												
T1					-1.54	c						
T2					-1.39	bc						
T3					-1.09	a						
T4					-1.21	ab						
T5					-1.27	abc						

Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a p=0.05. En las fechas marcadas (\*) se midió el potencial xilemático y no el foliar

### Parámetros productivos

Los parámetros productivos evaluados fueron la evolución del diámetro del fruto, el rendimiento en la cosecha y la calidad de la producción. La primera temporada en que hubo una cosecha comercial fue la 2006/07, pero en la temporada anterior hubo suficientes frutos para hacer las curvas de crecimiento de los mismos.



### **Crecimiento de los frutos**

Las curvas de crecimiento de los frutos en ambas temporadas (Figura 4) tienen una tendencia similar, con los tratamientos regados por goteo (T2, T3 y T5) con los mayores tamaños, el regado con microjet (T4) tamaño intermedio y el seco (T1) el menor tamaño. Esta tendencia es coincidente con las medidas de agua en el suelo (Figura 1).

En la temporada 2005/06 las diferencias son mayores hasta enero de 2006 en que, como ya fue comentado en el apartado 1, comenzaron tres meses de lluvias copiosas. Se nota claramente que la tasa de crecimiento de los frutos en el T4 y T1 es mayor que en el resto (Figura 4).

En la temporada siguiente, por el contrario, los frutos de los tratamientos regados por goteo estaban creciendo a una tasa mayor que los del T4 y T1, hasta que los problemas ya mencionados en el equipo de riego hacen que esa tasa se vuelva menor.

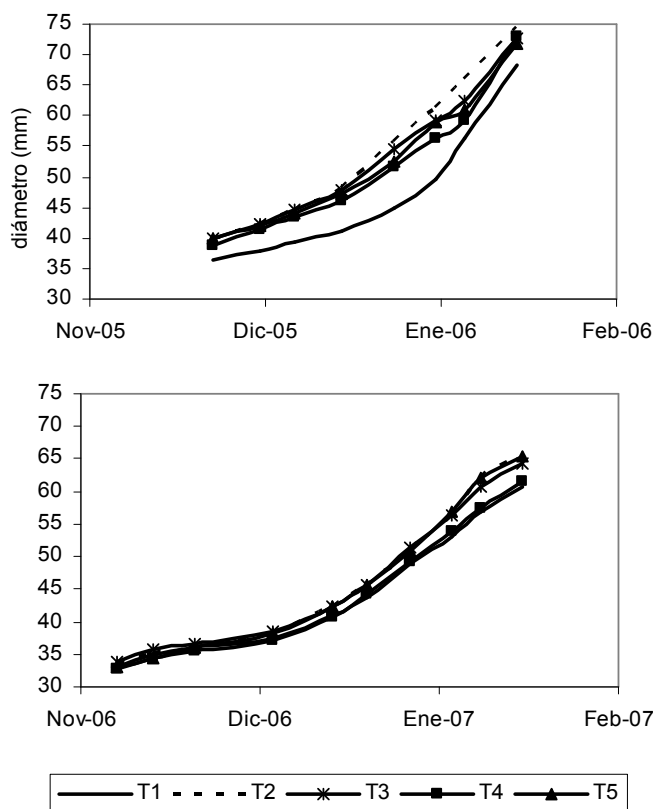


Figura 4. Evolución del diámetro de los frutos en las temporadas 2005/06 y 2006/07

### Producción

En la primera cosecha del ensayo los cuatro tratamientos regados rindieron significativamente más que el seco (T1), aunque sin diferencias entre ellos (Tabla 4). Sin perjuicio de esta falta de diferencias, se insinúa una tendencia similar a la del crecimiento vegetativo (Figura 3), sobre todo con el peso de poda. Es decir, que el T3 hasta ahora produjo árboles algo más grandes y quizás por eso mismo, con más producción. Se plantea la hipótesis que los efectos de estos tratamientos, en un cultivo perenne, serán acumulativos y se podrán expresar en años sucesivos.

El menor rendimiento de los árboles de secano se debe tanto a un menor número de frutos como a un menor tamaño de los mismos. En otros frutales es conocida la relación lineal y negativa entre el número y el tamaño de los frutos (Wiegand & Swanson, 1982; Castel & Buj, 1993; García-Petillo, 2002). Por lo tanto, que haya tenido frutos más chicos a pesar de la menor carga, es una clara demostración que ello se debió al estrés hídrico sufrido.

Tabla 4. Resultados de la cosecha 2006/07

	Rendimiento (kg árbol <sup>-1</sup> )		Número de frutos		Tamaño (g fruto <sup>-1</sup> )	
T1	12.52	b	94	c	134	b
T2	19.87	a	132	ab	152	a
T3	22.11	a	145	a	157	a
T4	19.91	a	130	ab	155	a
T5	17.50	a	110	bc	166	a

Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a  $p=0.05$ .

El T5 fue, de los tratamientos regados, el que tuvo el menor número de frutos, pero, probablemente debido a ello, los de mayor tamaño promedio aunque sin diferir significativamente de los otros. Se puede especular que este tratamiento tuvo menor cantidad de frutos por ser los árboles de menor tamaño entre los regados (Figura 3).

### Distribución por calibres

Para los fruticultores es de importancia no sólo obtener altas producciones, sino que éstas sean de los calibres de mayor valor comercial (especial y grande). La Figura 5 muestra la distribución por calibres comerciales de la primera cosecha, expresada tanto en porcentaje como en producción de cada calibre.

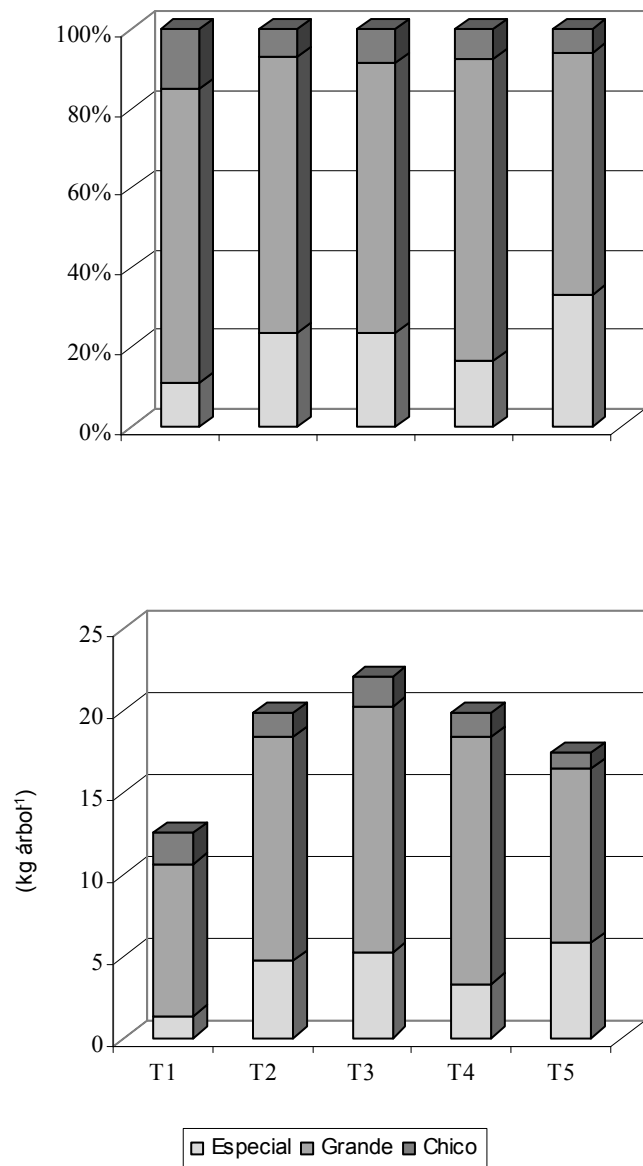


Figura 5. Distribución por calibres (en porcentaje y en kg árbol<sup>-1</sup>) de la producción del ensayo en la temporada 2006/07

Los tratamientos regados por goteo (T2, T3 y T5) tienen una mayor producción de los frutos del calibre “Especial” (de más de 180 g) que son los de mayor valor comercial. El

secano (T1) es el de menor producción de estos frutos, mientras que el tratamiento regado por microjet (T4) tiene una producción intermedia.

Estadísticamente (análisis no presentado), el T4 no se diferencia del T2 y T3, ni tampoco del T1. Los frutos del calibre “Chico” son siempre los de menor valor comercial, y en situaciones de oferta abundante de duraznos, pueden ser descartes sin valor comercial. El T1 produjo alrededor de un 15% de estos frutos de descarte, el doble aproximadamente que el promedio de los cuatro tratamientos regados.

### **CONCLUSIONES**

1. En las variables peso de poda, potencial hídrico foliar y xilemático, conductancia estomática, crecimiento de frutos, rendimiento y tamaño promedio de los frutos, los tratamientos que recibieron riego no se diferenciaron estadísticamente entre sí, pero todos presentaron valores significativamente superiores al secano ( $p < 0.05$ ).

2. El porcentaje de volumen de suelo mojado regando con una sola línea portagoteros por fila de árboles (T2 y T3) fue similar (16 y 18%), independiente de los distintos caudales y distancias entre ellos (1,6 y 4,0 L h<sup>-1</sup>, 0,40 y 1,00 m, respectivamente).

3. Usando microjets no se logró aumentar significativamente el porcentaje del volumen de suelo mojado, llegando sólo a 22% de la proyección de la copa, debido a las condiciones ya discutidas en el texto.

4. Regando con dos líneas portagoteros por fila sí se dio un aumento significativo del porcentaje de volumen de suelo mojado (44%).

5. No se evidenció ninguna respuesta entre los tratamientos regados al porcentaje de suelo mojado para todas las variables analizadas. En ningún caso el T5, que mojaba más del doble de volumen que los otros tratamientos, tuvo una respuesta diferencial.

### **LITERATURA CITADA**

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration. Guideline for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper n 56, Rome: FAO, 1998. 300p.

- Black, J. D. F.; West, D. W. Water uptake by an apple tree with various proportions of the root system supply with water. In: International Drip Irrigation Congress, 2, 1974, Riverside. Proceedings ... Riverside: California University, 1974. p.432-433.
- Bryla, D. R.; Trout, T. J.; Ayars J. E.; Johnson, R. S. Growth and production of young peach trees irrigated by furrow, microjet, surface drip, or subsurface drip systems. HortScience, v.38, n.7, p.1112-1116, 2003.
- Bryla, D. R.; Dickson, E.; Shenk, R.; Johnson, R. S.; Crisosto, C. H.; Trout, T. J. Influence of irrigation method and scheduling on patterns of soil and tree water status and its relation to yield and fruit quality in peach. HortScience, v.40, n.7, p.2118-2124, 2005.
- Castel, J. R.; Buj, A. Riego por goteo deficitario en naranjos adultos "Salustiana" durante siete años. Investigación agrícola: Producción y protección vegetal, v.8, n.2, p.191-204, 1993.
- Durán, A.; Califra, A.; Molino, J. H.; Lynn W. Keys to soil taxonomy for Uruguay. Washington: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2005. 77p.
- Fereres, E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. In: Seminario Latinoamericano de Microirrigación, 4, 1981, Barquisimeto. Memorias ... Barquisimeto: IICA, 1981. p.23.
- García-Petillo, M. Respuesta a diferentes manejos del riego y balance hídrico de un huerto de cítricos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 2002. 194p. Tesis Doctoral
- García-Petillo, M.; Hayashi, R.; Puppo, L.; Morales, P. Desarrollo del bulbo húmedo bajo riego localizado en suelos estratificados del Uruguay. En: Congreso Internacional de Riego y Drenaje Cuba-Riego, 2, 2005, La Habana. Memorias ... La Habana: Instituto de Investigación de Riego y Drenaje, 2005. CD Rom.
- García-Petillo, M.; Puppo, L.; Chamorro, A.; Hayashi, R. Effects of drip irrigation water amount and soil wetted volume on "Washington Navel" orange yield. Acta Horticulturae, v.646, p.101-106, 2004.

- Garnier, E.; Berger, A. Testing water potencial in peach trees as indicator of water stress. *Journal of Horticultural Science*, v.60, n.1, p.47-56, 1985.
- Gispert, J. R. Evaluación del volumen de suelo húmedo en micro-irrigación. Influencia del porcentaje de este volumen sobre el comportamiento del olivo (*Olea Europea* L. cult. "Arbequina"). *Estudios de la zona no saturada del suelo*, v.6, p.51-57, 2003.
- Hsiao, T. C.; Fereres, E.; Acevedo, E.; Henderson, D. W. Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. In: Lange, O. L., Kappen, L., Schulze, E. D. (ed), *Ecological studies. Analysis and synthesis*, v.19. Water and plant life. Berlin: Springer-Verlag. 1976. p. 281-305.
- Keller, J.; Bliesner, R. *Sprinkle and trickle irrigation*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- Keller, J. Trickle Irrigation. Section 15-7. *National engineering handbook*. Glendora: Soil Conservation Service, 1978. 129p.
- Koo, R. C. J.; Smajstrla, A. G. Trickle irrigation of citrus on sandy soils in a humid region. In: *International Drip Irrigation Congress*, 3, 1985, Fresno. *Proceedings ... Fresno: ASAE*, 1985. p.212-219.
- López, J. R.; Hernández, J. M.; Pérez, A.; González, J. F. *Riego localizado*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1992. 405p.
- MGAP-Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. DIEA. *Anuario Estadístico Agropecuario*. 2009. 215p.
- Moreshet, S.; Cohen, Y.; Fuchs, M. Response of mature "Shamouti" orange trees to irrigation of different soil volumes at similar levels of available water. *Irrigation Science*, v.3, p.223-236, 1983.
- Pizarro, F. *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990. 471p.
- Scholander, P. F.; Hammel, H. T.; Bradstreet, E. D.; Hemmingsen, E. A. Sap pressure in vascular plants. *Science*, v.148, p.339-346, 1965.
- Shackel, K. The use of midday stem water potential for irrigation scheduling and water stress diagnosis in prune and almond. *International Symposium Irrigation and Water*

- Relations in Grapevines and Fruit Trees, 2001, Mendoza. Proceedings ... Mendoza: ISHS. 2001. CD. Rom.
- Wiegand, C. L.; Swanson, W. A. Citrus response to irrigation: II. Fruit yield, size and number. *Journal Rio Grande Valley Horticultural Society*, v.35, p.87-95, 1982.
- Willoughby, P.; Cockroft, B. Changes in root patterns of peach trees under trickle irrigation. In: *International Drip Irrigation Congress, 2, 1974, Riverside. Proceedings ... Riverside: University of California, 1974. p.439-442.*
- Zekri, M.; Parsons, L. R. Water relations of grapefruit tree in response to drip, microsprinkler irrigation. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v.113,n.6,p.819-823,1988.



## INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES DE LA REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL (AGRIAMBI)

### Instruções aos Autores

#### Línguas e áreas de estudo

Os artigos submetidos à Revista AGRIAMBI podem ser elaborados em Português, Inglês ou Espanhol e devem ser produto de pesquisa nas áreas de Manejo de Solo, Água e Planta, Engenharia de Irrigação e Drenagem, Meteorologia e Climatologia Agrícola, Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, Gestão e Controle Ambiental (esta área contempla apenas artigos que descrevam pesquisas sobre a gestão e o controle ambiental no contexto da agropecuária), Construções Rurais e Ambiente, Automação e Instrumentação, Máquinas Agrícolas e, finalmente Energia na Agricultura.

#### Composição seqüencial do artigo

a) Título: no máximo com 15 palavras, em que apenas a primeira letra da primeira palavra deve ser maiúscula; entretanto, quando o título tiver um subtítulo, ou seja, com dois pontos (:), a primeira letra da primeira palavra do subtítulo (ao lado direito dos dois pontos) deve ser maiúscula.

b) Nome(s) do(s) autor(es):

- Deverá(ao) ser separado(s) por vírgulas, sendo por extenso apenas o primeiro nome e o último sobrenome de cada autor, nos quais somente a primeira letra deve ser maiúscula e o último nome separado por &.
- Colocar referência de nota no final do último sobrenome de cada autor para fornecer, logo abaixo, endereço institucional, incluindo telefone, fax e E-mail. Os autores pertencentes a uma mesma instituição devem ser referenciados por uma única nota; no entanto, em se tratando de Universidades, deverá haver uma nota para cada Departamento: exemplo de nota: DCA/UFCEG, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande, PB. Fone(s): (83) 3310-1202; 3310-1201. E-mail(s): bernardo@dca.ufcg.edu.br; vicente@dca.ufcg.edu.br. Colocar C.P. quando existir caixa postal. Não se coloca ponto ao final de cada nota.
- O artigo deverá ter no máximo seis autores.
- Em relação ao que consta na primeira versão do artigo submetida à Revista, não serão permitidas alterações posteriores na seqüência nem nos nomes dos autores.

c) Resumo: no máximo com 15 linhas.

- d) Palavras-chave: no mínimo três e no máximo cinco, não constantes no Título, separadas por vírgula e com todas as letras minúsculas.
- e) Título em inglês: terá a mesma normatização do título em Português ou em Espanhol.
- f) Abstract: no máximo com 15 linhas, devendo ser tradução fiel do Resumo. A casa decimal dos números deve ser indicada por ponto ao invés de vírgula.
- g) Key words: terá a mesma normatização das palavras-chave.
- h) Introdução: destacar a relevância da pesquisa, inclusive através de revisão de literatura, em no máximo 2 páginas. Não devem existir, na Introdução, equações, tabelas, figuras nem texto teórico básico sobre determinado assunto, mas, sim, sobre resultados de pesquisa.
- i) Material e Métodos: deve conter informações imprescindíveis que possibilitem a repetição da pesquisa, por outros pesquisadores.
- j) Resultados e Discussão: os resultados obtidos devem ser discutidos e interpretados à luz da literatura.
- k) Conclusões: devem ser numeradas e escritas de forma sucinta, isto é, sem comentários nem explicações adicionais, baseando-se apenas nos resultados apresentados.
- l) Agradecimentos (facultativo)
- m) Literatura Citada: O artigo submetido deve ter obrigatoriamente 70% de referências de periódicos, sendo 40% dos últimos oito anos. Não serão aceitas citações bibliográficas do tipo apud ou citado por, ou seja, as citações deverão ser apenas das referências originais.

Para os artigos escritos em Inglês, título, resumo e palavras-chave deverão, também, constar em Português e, para os artigos em Espanhol, em Inglês; vindo em ambos os casos primeiro no idioma principal. Outros tipos de contribuição (Revisão de Literatura e Nota Prévia) para a revista poderão ter a seqüência adaptada ao assunto.

### **Edição do texto**

- a) Processador: Word for Windows
- b) Texto: fonte Times New Roman, tamanho 12. Não deverão existir no texto palavras em negrito nem em itálico, exceto para o título, itens e subitens, que deverão ser em negrito, e os nomes científicos de espécies vegetais e animais,

que deverão ser em itálico. Em equações, tabelas e figuras não deverão existir itálico e negrito. Evitar parágrafos muito longos devendo, preferencialmente, ter no máximo 60 palavras.

- c) Espaçamento: duplo entre o título, nome(s) do(s) autor(es), resumo e abstract; simples entre item e subitem; e no texto, espaço 1,5.
- d) Parágrafo: 0,5 cm.
- e) Página: Papel A4, orientação retrato, margens superior e inferior de 2,54 cm e esquerda e direita de 3,00 cm, no máximo de 20 páginas não numeradas.
- f) Todos os itens em letras maiúsculas, em negrito e centralizados, exceto Resumo, Abstract, Palavras-chave e Key words, que deverão ser alinhados à esquerda e apenas a primeira letra maiúscula. Os subitens deverão ser alinhados à esquerda, em negrito e somente a primeira letra maiúscula.
- g) As grandezas devem ser expressas no SI (Sistema Internacional) e a terminologia científica deve seguir as convenções internacionais de cada área em questão.
- h) Tabelas e Figuras (gráficos, mapas, imagens, fotografias, desenhos)
  - As tabelas e figuras devem apresentar largura de 9 ou 18 cm, com texto em fonte Times New Roman, tamanho 9, e ser inseridas logo abaixo do parágrafo onde foram citadas a primeira vez. Exemplos de citações no texto: Figura 1; Tabela 1. Tabelas e figuras que possuem praticamente o mesmo título deverão ser agrupadas em uma única tabela ou figura criando-se, no entanto, um indicador de diferenciação. A letra indicadora de cada sub-figura em uma figura agrupada deve ser maiúscula e com um ponto (exemplo: A.), posicionada ao lado esquerdo superior da figura. As figuras agrupadas devem ser citadas no texto, da seguinte forma: Figura 1A; Figura 1B; Figura 1C. As tabelas e figuras com 18 cm de largura ultrapassarão as margens esquerda e direita de 3 cm, sem nenhum problema.
  - As tabelas não devem ter tracejado vertical e o mínimo de tracejado horizontal. Exemplo do título, o qual deve ficar acima da tabela: Tabela 1. Estações do INMET selecionadas (sem ponto no final). Em tabelas que apresentam a comparação de médias, mediante análise estatística, deverá haver um espaço entre o valor numérico (média) e a letra. As unidades deverão estar entre parêntesis.
  - As figuras não devem ter bordadura e suas curvas (no caso de gráficos) deverão ter espessura de 0,5 pt, podendo ser coloridas, mas sempre possuindo marcadores de legenda diversos. Exemplo do título, o qual deve ficar abaixo da figura: Figura 1. Perda acumulada de solo em função do tempo de aplicação da chuva simulada (sem ponto no final). Para não se tornar redundante, as figuras não devem ter dados constantes em tabelas. Em figuras agrupadas, se o título e a numeração dos eixos x e y forem iguais, deixar só um título centralizado e a

numeração em apenas um eixo. Gráficos, diagramas (curvas em geral) devem vir em imagem vetorial. Quando se tratar de figuras bitmap (mapa de bit), a resolução mínima deve ser de 300 bpi. Os autores deverão primar pela qualidade de resolução das figuras, tendo em vista boa compreensão sobre elas. As unidades nos eixos das figuras devem estar entre parêntesis, mas sem ser separadas do título por vírgula.

### **Exemplos de citações no texto**

- a) Quando a citação possuir apenas um autor: Folegatti (1997) ou (Folegatti, 1997).
- b) Quando a citação possuir dois autores: Frizzone & Saad (1997) ou (Frizzone & Saad, 1997).
- c) Quando a citação possuir mais de dois autores: Botrel et al. (1997) ou (Botrel et al., 1997).

Quando a autoria do trabalho for uma instituição/empresa, a citação deverá ser de sua sigla em letras maiúsculas. Exemplo: EMBRAPA (2006).

### **Literatura citada**

As bibliografias citadas no texto deverão ser dispostas na lista em ordem alfabética pelo último sobrenome do primeiro autor e em ordem cronológica crescente, e conter os nomes de todos os autores. Citações de: artigos no prelo; comunicação pessoal; apostila; monografia; texto de internet; e trabalhos em congressos não são aceitas na elaboração dos artigos. Os trabalhos em congressos serão aceitos apenas quando inexisterem publicações em periódicos sobre o tema em questão.

A seguir, são apresentados exemplos de formatação:

#### a) Livros

Nããs, I. de A. Princípios de conforto térmico na produção animal. 1.ed. São Paulo: Ícone Editora Ltda, 1989. 183p.

#### b) Capítulo de livros

Almeida, F. de A. C.; Matos, V. P.; Castro, J. R. de; Dutra, A. S. Avaliação da qualidade e conservação de sementes a nível de produtor. In: Hara, T.; Almeida, F. de A. C.; Cavalcanti Mata, M. E. R. M. (eds.). Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap.3, p.133-188.

## c) Revistas

Pereira, G. M.; Soares, A. A.; Alves, A. R.; Ramos, M. M.; Martinez, M. A. Modelo computacional para simulação das perdas de água por evaporação na irrigação por aspersão. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.16, n.3, p.11-26, 1997.

## d) Dissertações e teses

Dantas Neto, J. Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo em áreas irrigadas, baseados nas funções de resposta da cultura à água. Botucatu: UNESP, 1994. 125p. Tese Doutorado

## e) Trabalhos apresentados em congressos (Anais, Resumos, Proceedings, Disquetes, CD Roms)

Weiss, A.; Santos, S.; Back, N.; Forcellini, F. Diagnóstico da mecanização agrícola existente nas microbacias da região do Tijuca da Madre. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25, e Congresso Latino-Americano de Ingenieria Agrícola, 2, 1996, Bauru. Resumos ... Bauru: SBEA, 1996. p.130.

No caso de CD Rom, o título da publicação continuará sendo Anais, Resumos ou Proceedings mas o número de páginas será substituído pelas palavras CD Rom.

**Outras informações sobre normatização de artigos**

a) Não colocar ponto no final das palavras-chave, key words e títulos de tabelas e figuras.

b) Na descrição dos parâmetros e variáveis de uma equação deverá haver um traço separando o símbolo de sua descrição. A numeração de uma equação deverá estar entre parêntesis e alinhada à direita: exemplo: (1). As equações deverão ser citadas no texto conforme os seguintes exemplos: Eq. 1; Eqs. 3 e 4.

c) Todas as letras de uma sigla devem ser maiúsculas; já o nome por extenso de uma instituição deve ter maiúscula apenas a primeira letra de cada palavra.

d) Nos exemplos seguintes de citações no texto de valores numéricos, o formato correto é o que se encontra no lado direito da igualdade:

10 horas = 10 h; 32 minutos = 32 min; 5 l (litros) = 5 L; 45 ml = 45 mL; l/s = L s<sup>-1</sup>; 27°C = 27 °C; 0,14 m<sup>3</sup>/min/m = 0,14 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>; 100 g de peso/ave = 100 g de peso por ave; 2 toneladas = 2 t; mm/dia = mm d<sup>-1</sup>; 2x3 = 2 x 3 (deve ser separado); 45,2 - 61,5 = 45,2-61,5 (deve ser junto).

A % é a única unidade que deve estar junto ao número (45%). Quando no texto existirem valores numéricos seguidos, que possuem a mesma unidade, colocar a unidade somente no último valor (Exemplos: 20 m e 40 m = 20 e 40 m; 56,1%, 82,5% e 90,2% = 56,1, 82,5 e 90,2%).

- e) Quando for pertinente, deixar os valores numéricos no texto, tabelas e figuras com no máximo duas casas decimais.
- f) Os títulos das bibliografias listadas devem ter apenas a primeira letra da primeira palavra maiúscula, com exceção de nomes próprios. O título de eventos deverá ter apenas a 1ª letra de cada palavra maiúscula.

**RECOMENDAÇÃO IMPORTANTE:** Recomenda-se aos autores a consulta na página da Revista ( ) de artigos publicados, para suprimir outras dúvidas relacionadas à normatização de artigos, por exemplo, formas de como agrupar figuras e tabelas.

**LEMBRETE IMPORTANTE:** Os artigos que não estiverem integralmente nas normas da Revista serão rejeitados logo por ocasião da submissão.

### **Esclarecimentos sobre a submissão dos artigos**

- a) Os artigos subdivididos em partes I, II etc, devem ser submetidos juntos, pois serão encaminhados aos mesmos consultores.
- b) Caso os autores do artigo já não tenham sido cadastrados anteriormente na página da Revista ([www.agriambi.com.br](http://www.agriambi.com.br)), o autor correspondente deverá fazê-lo através do link [Cadastro](#), da página principal da Revista e, em seguida, cadastrar o artigo. No cadastro de cada autor devem ser por extenso apenas o primeiro nome e o último sobrenome, existindo ponto em cada abreviatura e um espaço entre elas. No cadastro do artigo, colocar os nomes dos autores na mesma seqüência em que aparecem no artigo e separados por ponto e vírgula, porém sem espaço entre os nomes.
- c) Enviar pelos correios a seguinte documentação:
  - Carta de encaminhamento do Autor Correspondente, constando seu endereço completo, telefone e email para contato. Caso o autor correspondente deseje que a Secretaria da Revista lhe envie declaração sobre o recebimento do artigo e/ou fatura referente ao pagamento da taxa de submissão, deverá solicitá-la na carta de encaminhamento, indicando a forma de envio (fax ou endereço).
  - Declaração ([modelo da Revista](#)) assinada por todos os autores, expressando a concordância e responsabilidade à submissão do artigo e sua eventual publicação

na Revista AGRIAMBI, ficando responsável por sua tramitação e correção o Autor Correspondente.

- Arquivo em disquete ou CD Rom e três cópias impressas do artigo.
  - Comprovante de cadastro do artigo na página da Revista.
  - Comprovante de depósito (Banco do Brasil, agência 1591-1, C/C 1192-4) ou cheque nominal à ATECEL/RBEAA, referente à taxa de submissão, no valor de **R\$ 120,00 (cento e vinte reais)**.
- d) Endereço para encaminhamento  
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental  
Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Bloco CM, 1º andar  
Caixa Postal 10078, CEP 58429-140, Campina Grande, PB

Objetivando evitar extravio, toda correspondência para a Revista deverá ter a caixa postal.

- e) Caso o comprovante de pagamento da taxa de submissão não tenha sido enviado junto com o artigo, o mesmo só será protocolado e encaminhado para análise após a Secretaria da Revista ter recebido o referido comprovante, podendo ser enviado através do fax (83) 310 1056 ou pelo e-mail [agriambi@agriambi.com.br](mailto:agriambi@agriambi.com.br).
- f) O pagamento da taxa de submissão não garante a aceitação do artigo para publicação na Revista e, em caso de sua não aceitação, a referida taxa não será devolvida.
- g) O autor correspondente será informado por e-mail sobre o número de protocolo do artigo; a partir daí, ele poderá acompanhar o processo de análise do artigo, através do link [da página principal da Revista](#). Para qualquer informação sobre o andamento do artigo solicitada à Secretaria da Revista, o autor deverá fornecer o número de seu protocolo.

### **Procedimentos para análise de artigos**

- a) Numa primeira etapa, todos os artigos serão submetidos a pré-seleção e aqueles que não se enquadrarem na política de publicação da Revista ou, ainda, que não tragam contribuição científica relevante, serão recusados pela Equipe Editorial, com o auxílio de parecer de um Consultor. Os artigos pré-selecionados poderão, por recomendação do Consultor, ser devolvidos ao(s) autor(es) para reformulação, antes de serem encaminhados para uma análise mais aprofundada, por parte de três Consultores e revisor de idiomas.
- b) Com o auxílio dos pareceres e sugestões de Consultores sobre a primeira versão do artigo, a Equipe Editorial poderá recusá-lo ou solicitar ao(s) autor(es) uma segunda versão, que será novamente avaliada, tanto pelos Consultores como

pela Equipe Editorial. Em sua segunda versão, o artigo poderá ser recusado, aprovado e/ou devolvido ao(s) autor(es) para uma terceira versão.

- c) Salienta-se que, independente dos pareceres dos Consultores, cabe à Equipe Editorial, em qualquer etapa de análise (pré-seleção e seleção - 1ª, 2ª e 3ª versões), a decisão final sobre a aprovação do artigo e o direito de sugerir ou solicitar modificações no texto, julgadas necessárias.
- d) A princípio, as sugestões dos Consultores e da Equipe Editorial ao texto dos artigos deverão ser incorporadas pelo(s) autor(es); entretanto, o(s) mesmo(s) tem(êm) o direito de não acatá-las, mediante justificativa expressa, que será analisada pelo(s) Consultor(es) e pela Equipe Editorial.
- e) No caso de aprovação o artigo é encaminhado para uma nova revisão de idiomas e, antes de sua diagramação, se necessário serão solicitadas, ao autor correspondente, informações complementares. Posteriormente, o artigo lhe é enviado na forma de documento pdf, para revisão final, o qual comunicará à Equipe Editorial sobre eventuais correções e alterações.  
<!--[if !supportLineBreakNewLine]-->  
<!--[endif]-->
- f) Após publicação, quaisquer erros encontrados por parte de autores ou leitores, quando comunicados à Equipe Editorial, serão corrigidos através de errata no próximo número da Revista.

### **Informações Adicionais**

- a) Os assuntos, dados e conceitos emitidos nesta Revista, são de exclusiva responsabilidade dos autores. A eventual citação de produtos e marcas comerciais não significa recomendação de utilização por parte da Revista. A reprodução dos artigos publicados é permitida, desde que seja citada a fonte.
- b) Os autores terão o prazo máximo para devolução dos artigos corrigidos de quarenta e cinco dias, a partir da data da correspondência da Secretaria da Agriambi; o não cumprimento deste prazo resultará automaticamente em seu cancelamento.
- c) Além da taxa de submissão do artigo, será cobrada uma taxa de publicação que corresponderá a R\$ 15,00 por página do arquivo do Word referente à 3ª versão do artigo. O prazo para o pagamento da taxa de publicação será de 10 dias corridos a contar do envio do email. Em caso da não efetivação do pagamento no referido prazo o artigo será substituído por outro no processo de diagramação.