

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Respuesta del duraznero (*Prunus persica* L. Batsch cv. “Las Brujas
Don Alberto”) al riego por goteo con tres niveles de estrés hídrico**

por

Carlos Pedro FERRÉS PACHECO

**TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Agronomía opción
Suelos y Aguas**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
diciembre 2014**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por: Ing. Agr. PhD. Amabelia del Pino, Ing. Agr. MSc. Danilo Cabrera, Ing. Agr. Mag. Vivian Severino, e Ing. Agr. Mag. Pablo Morales, el 22 de diciembre de 2014. Autor: Ing. Agr. Carlos Pedro Ferrés Pacheco. Director: † Ing. Agr. Dr. Mario García Petillo*.

*La defensa de la Tesis se realizó después de su fallecimiento, durante una misión oficial en la ciudad de Beijing, República Popular China, el 23 de setiembre de 2014.

Dedico este trabajo:

A la memoria de mi querido profesor y tutor, † Ing. Agr. Dr. Mario García Petillo, por todo lo que me aportó en los cursos de posgrado y el apoyo que me brindó para poder realizar esta Tesis, a pesar de sus problemas de salud.

A mi querida esposa, Inés, quien una vez más demostró su incondicional compañerismo e invaluable colaboración, en el conteo de las hojas de los durazneros y la medición del diámetro de los troncos. Siempre me transmitió confianza y cariño.

A mis hijas, María Carolina y María Serrana, a quienes les recuerdo que no existe límite de edad para perseguir nuevas metas.

A mis nietos, Victoria, Florencia, Juan Manuel y Delfina, a quienes les deseo que nunca consideren el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy las gracias a mi querido profesor y tutor, † Ing. Agr. Dr. Mario García Petillo, por brindarme la oportunidad de poder realizar el Trabajo Final del Diploma en Agronomía y la Tesis de Maestría en la opción Suelos y Aguas.

No tengo palabras para expresar la gratitud que siento por el excepcional equipo de docentes de la Unidad de Hidrología del Departamento de Suelos y Aguas, por su generosidad, paciencia y su inestimable ayuda. Agradezco muy especialmente a los Ings. Agrs. Mag. Lucía Puppo, Raquel Hayashi, Pablo Morales y Lisette Bentancor, y al Ayudante Gerardo Camio.

Por su desinteresada ayuda en la medición de los datos de campo, me gustaría expresar mi reconocimiento a los Bachilleres Soledad Delgado y Nicolás Miguel Demetriuk, con los que pude contar siempre.

Deseo asimismo expresar mi gratitud al funcionario de campo del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, Sr. Walter Marrero, y al docente Ing. Agr. MSc. Antonio Formento, por su colaboración en el mantenimiento y manejo del monte de duraznero donde se realizó la tesis.

Sería un olvido imperdonable que no mencionara a la Ing. Agr. PhD. Amabelia del Pino, coordinadora de la opción Suelos y Aguas, quien me alentó y entusiasmó para que hiciera este trabajo científico.

También hago extensivo mi agradecimiento a la Editora Técnica de Posgrados, Ing. Agr. PhD. Isabel Sans, por la revisión de formato de los textos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	VII
SUMMARY	VIII
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>Riego Localizado</u>	3
1.3 PERÍODO CRÍTICO EN EL DURAZNERO	5
1.3.1 <u>Fases del crecimiento del fruto</u>	5
1.3.2 <u>Efecto del riego deficitario según fase de aplicación</u>	6
1.4 INDICADORES DE ESTRÉS HÍDRICO	8
1.4.1 <u>Indicadores de suelo</u>	8
1.4.2 <u>Indicadores en planta</u>	9
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A SER ABORDADO Y RELEVANCIA DEL MISMO PARA LOS ACTORES DEL ÁMBITO SOCIAL O PRODUCTIVO	11
1.6 ANTECEDENTES NACIONALES	12
1.7 HIPÓTESIS	13
1.8 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	13
1.8.1 <u>Objetivo general</u>	13
1.8.2 <u>Objetivos específicos</u>	13
1.9 ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN, METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES ESPECÍFICAS	14
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	15

2.1 MATERIAL VEGETAL	15
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SUELO	15
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	16
2.4 MANEJO DEL RIEGO	16
2.5 MEDICIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO	17
2.6 PARÁMETROS EVALUADOS EN LOS ÁRBOLES	17
2.6.1 <u>Parámetros vegetativos</u>	18
2.6.2 <u>Parámetros fisiológicos</u>	18
2.6.3 <u>Crecimiento de frutos, producción y eficiencia productiva</u>	19
2.7 DETERMINACIONES Y FRECUENCIAS	19
2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	20
3. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	21
3.1 CLIMA Y RIEGO APLICADO.....	21
3.2 EVOLUCIÓN DE LA HUMEDAD EN EL SUELO	24
3.3 CRECIMIENTO VEGETATIVO	26
3.3.1 <u>Número de brotes</u>	26
3.3.2 <u>Crecimiento de brotes</u>	26
3.3.3 <u>Crecimiento de la sección del tronco</u>	28
3.3.4 <u>Fracción de intercepción de radiación por la copa</u>	28
3.4 POTENCIAL XILEMÁTICO	29
3.5 PARÁMETROS PRODUCTIVOS	32
3.5.1 <u>Crecimiento de los frutos</u>	32
3.5.2 <u>Rendimiento, número de frutos y peso promedio</u>	32
3.5.3 <u>Distribución por calibres</u>	34
4. <u>CONCLUSIONES</u>	35
5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	36
6. <u>ANEXO</u>	44
6.1 Respuesta del duraznero al riego por goteo con tres niveles de estrés hídrico	44

RESUMEN

Se realizó un experimento durante la temporada 2012/13, sobre un monte de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch cv. "Las Brujas Don Alberto") de cuatro años en floración, implantado en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía. El objetivo del trabajo es generar información nacional, sobre el uso de diferentes dosis de riego y su efecto sobre el crecimiento vegetativo y la producción comercial, con la finalidad de optimizar el uso del agua. Se aplicaron cuatro tratamientos de riego con niveles decrecientes de estrés hídrico, utilizando una línea por fila: seco (T1), goteros de 2 l h⁻¹ separados a 1,25 m (T2), goteros de 2 l h⁻¹ separados a 0,63 m (T3) y goteros de 1,6 l h⁻¹ separados a 0,40 m (T4), en un diseño experimental en bloques al azar con cinco repeticiones. Debido a las condiciones climáticas de la temporada analizada, no se evidenció una situación de estrés importante, porque todos los tratamientos se mantuvieron siempre en un nivel adecuado de humedad en el suelo. En las variables número promedio de brotes por árbol, crecimiento de brotes, sección del tronco, crecimiento de frutos, rendimiento, número y peso promedio de los frutos, distribución por calibres e interceptación de la radiación solar, los tratamientos regados no se diferenciaron estadísticamente entre sí y tampoco del seco. El potencial xilemático resultó ser el indicador más sensible a las variaciones del estado hídrico de los árboles. En cuanto a los dos porta injertos evaluados, se registraron diferencias significativas entre ellos en el crecimiento de la sección del tronco, rendimiento y número de frutos. En efecto, Nema-guard creció más que INIA Tsukuba N° 1, tanto en porcentaje como en cm⁻². En la distribución por calibres, Nema-guard se comportó mejor que INIA Tsukuba N° 1, dando más frutos grandes (120 a 180 g) y menos del calibre más pequeño (menor a 120 g). Se plantea como hipótesis que hay un efecto diferencial en rendimiento, calidad de la fruta, crecimiento vegetativo y estado hídrico de la planta, en respuesta a la dosis de riego, forma y momento de la aplicación.

Palabras clave: frutales de hoja caduca, riego deficitario, potencial xilemático.

Peach Trees (*Prunus persica* L. Batsch cv. "Las Brujas Don Alberto") Response To a Drip Irrigation System with Three Levels of Water Stress

SUMMARY

An experiment was conducted during 2012/13, on a peach grove (*Prunus persica* L. Batsch cv. "Las Brujas Don Alberto") four years in bloom, implanted in the South Regional Center of the College of Agronomy. The aim of this work is to generate national information on the use of different doses of irrigation and its effect on vegetative growth and commercial production, in order to optimize water use. Four irrigation treatments were applied with decreasing levels of water stress, using one line per row: without irrigation (T1), drippers of 2 lh⁻¹ at 1.25 m (T2), drippers of 2 lh⁻¹ at 0.63 m (T3) and drippers of 1.6 lh⁻¹ at 0.40 m (T4), in an experimental design in randomized blocks with five replications. Due to seasonal weather conditions analyzed, there was no evidence of significant stress for all treatments, because they always kept at an appropriate level of moisture in the soil. In the variables average number of shoots per tree, shoot growth, trunk section, fruit growth, performance, number and mean fruit weight, caliber distribution and interception of sun radiation, the irrigated treatments did not differ statistically from each other and either from dry land. The xilematic potential was found to be the most sensitive indicator to changes in the water status of the trees. As for the two rootstocks evaluated, there were significant differences between them in the growth of the trunk section, performance and number of fruits. Indeed, Nemaguard grew more than INIA Tsukuba N° 1, both in percentage and in cm⁻². In the distribution according to size, Nemaguard outperformed INIA Tsukuba N° 1, giving more large fruits (120-180 g) and less of the smallest size (less than 120 g). It is hypothesized that there is a differential effect on yield, fruit quality, vegetative growth and plant water status, in response to the dose of irrigation, form and moment of application.

Keywords: deciduous fruit, deficit irrigation, xilematic potential.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA FRUTICULTURA Y EL CULTIVO DE DURAZNERO EN URUGUAY

En Uruguay la explotación comercial de frutales de hoja caduca ocupa una superficie de 7,4 miles de hectáreas, de las cuales el 48% corresponde a manzano, el 28% corresponde a duraznero y el 14% a peral, según datos relevados en la zafra 2009-10 (MGAP-DIEA, 2012).

En la zona sur del país se concentra el 93% de las explotaciones, el 96% de las plantas y el 99% de la producción de los frutales de hoja caduca.

La producción de frutales de hoja caduca de la zafra 2010-11 se estima en casi 125 mil toneladas, de las cuales 23.830 toneladas son de durazno (MGAP-DIEA, 2012).

El período de producción de durazno comienza a mediados de octubre con la cosecha de las variedades tempranas del norte en los departamentos de Artigas y Salto, y finaliza en febrero con la cosecha de las variedades tardías del tipo pavía en los departamentos de Montevideo, Canelones, San José y Colonia. El rendimiento promedio para las variedades de estación en la temporada 2010-11 fue de 15 kilos por planta (MGAP-DIEA, 2012), volumen ligeramente inferior a los obtenidos a fines de la década de los años 90 (15 a 17 kilos por planta).

La extrema irregularidad y variabilidad en la distribución de las lluvias en Uruguay, con valores promedio anuales de 1200 mm, determinan períodos de déficit hídrico en el cultivo de duraznero. Esta variación en el régimen de lluvias, junto a la instalación de nuevas plantaciones en alta densidad, ha contribuido a incrementar en los últimos años el área de frutales con riego. Los datos de la encuesta agrícola de la zafra 2010/11, indican que el 61% de la superficie plantada con frutales de hoja caduca cuenta con riego, como forma de asegurar la cosecha en calidad y volumen de fruta producida (MGAP-DIEA, 2012).

El duraznero responde clara y rápidamente a la aplicación del riego en la primera temporada de uso, tanto en crecimiento vegetativo como en rendimiento de fruta. Cuando el riego se aplica desde la implantación del monte, el mayor crecimiento y desarrollo vegetativo de los árboles hace que éstos entren antes en producción (MGAP-PREDEG, 2001).

1.2 EL RIEGO EN FRUTICULTURA

En los primeros estudios de riego de árboles frutales caducos, la mayoría de los autores coinciden en cuanto a que el riego proporciona tres beneficios principales: mejora el crecimiento del árbol (Chalmers *et al.*, 1983; Frecon, 2002), incrementa el rendimiento (Chalmers *et al.*, 1983; Bryla *et al.*, 2005) y aumenta el tamaño del fruto (Morris *et al.*, 1962; Daniell, 1982; Baccino y García Petillo, 1995; Day, 2002). Sin embargo, tales beneficios dependen de cómo, cuándo y cuánta agua se aplique a la planta. El exceso y la falta de agua tienen un impacto en la productividad del cultivo de durazno y las mejores prácticas de riego deben reducir el uso del agua.

En climas lluviosos como el del Uruguay, en que los aportes de agua no dependen sólo del riego y por lo tanto no son controlables, se maneja el concepto de riego suplementario; mientras que el concepto de riego deficitario comienza a pensarse como alternativa a evaluar, ante la situación de fuentes de agua insuficientes. En el sur del país, es común que a nivel predial, tanto los caudales de los pozos como la capacidad de los reservorios de agua, no alcancen para satisfacer la totalidad de los requerimientos hídricos de los cultivos (García Petillo *et al.*, 2003). El riego deficitario consiste en el manejo del riego con dosis reducidas y/o su aplicación en momentos críticos del cultivo, definidos en base a la sensibilidad estacional de los cultivos al estrés hídrico, permitiendo un ahorro sustancial de agua y energía sin afectar la producción comercial.

El riego deficitario controlado (RDC) es una técnica que se basa en reducir la cantidad de agua aplicada, en ciertos períodos fenológicos en que las plantas son menos sensibles a la falta de humedad y en satisfacer en un 100 % el requerimiento hídrico de los árboles durante los períodos críticos, generalmente asociados a los períodos de floración y a las primeras etapas de crecimiento del fruto (Holzapfel *et al.*, 1995).

Se han propuesto prácticas de manejo del agua para reducir su uso, sin disminuir el rendimiento o la calidad de fruto del durazno. El riego deficitario controlado durante las fases fenológicas menos sensibles al déficit hídrico, puede ahorrar agua sin afectar el rendimiento del fruto (Ruiz-Sánchez y Girona, 1995; Dichio *et al.*, 2004; Naor, 2006a). La irrigación parcial radicular redujo 35-45% el uso del agua, sin afectar la fisiología de la planta o el volumen del dosel (Gong *et al.*, 2005). Estas prácticas se hicieron con base en cálculos de la demanda de evapotranspiración.

Se ha comprobado que determinados niveles de estrés hídrico, resultan en efectos benéficos para la planta, sin disminución significativa de los rendimientos comerciales y mejorando la eficiencia en el uso del agua (Pagán *et al.*, 2007). El riego deficitario controlado puede ser una herramienta efectiva para el ahorro de agua y promueve la reducción del crecimiento vegetativo a favor del crecimiento de fruto. Asimismo, contribuye a la reducción de los costos de producción, de poda, de aplicación de fitosanitarios y fertilizantes y a un aumento en la calidad de los frutos (Behboudian *et al.*, 1998). Una posible desventaja puede ser la reducción del tamaño de los frutos, si el déficit generado es muy severo (Mills *et al.*, 1996).

1.2.1 Riego localizado

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 lh^{-1}) que comprende a los micro aspersores y micro jets, y los goteros con un caudal menor a 16 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).

En investigaciones realizadas en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, Hayashi *et al.* (2012) indican que con emisores de 1,6 lh^{-1} los diámetros de mojado no superan los 0,50 m en la profundidad radicular (aprox. 0,42 m) cuando se regó por 2 horas. El incremento de las horas de riego no se tradujo en mayor área mojada y, por el contrario, disminuyó la misma debido al mayor consumo por parte del cultivo. Esto muestra que el ajuste del tiempo de riego, no fue suficiente para compensar el aumento de las necesidades del cultivo y por ello el suelo se estaba secando.

Con emisores de 4 lh^{-1} , los diámetros de mojado no superan los 0,70 m con 2 horas de riego. Al igual que en el caso anterior, el incremento de las horas de riego, no se tradujo en mayor área mojada, por el mayor consumo del cultivo.

En ambos casos, a pesar de que el suelo se estaba secando en el horizonte superior, existió pérdida de agua por percolación profunda, disminuyendo la eficiencia de aplicación del sistema de riego, ya que la misma no es aprovechada por el cultivo.

Estos resultados no concuerdan con los encontrados por Quezada *et al.* (2005), quienes midieron en suelos profundos de textura franco arcillosa, bulbos

de 1,32 m de diámetro y 0,90 m de profundidad, utilizando goteros de 4 lh^{-1} y tiempo de riego de 2 horas. Esto muestra que la textura del suelo, por sí sola es un mal estimador de la forma final del bulbo húmedo (Thorburn *et al.*, 2003).

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

Los micro aspersores y micro jets, 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.

En terrenos semiáridos, el uso extensivo de sistemas de riego localizado de alta frecuencia, modifica los patrones de crecimiento del sistema radicular, así como la absorción hídrica de la planta, a causa de las diferencias en que el agua se distribuye a través del perfil del suelo (Bryla *et al.*, 2005). Girona *et al.* (2002) indicaron que la monitorización del contenido de agua disponible del suelo, es fundamental para programar el riego eficiente, debido a la variabilidad en la respuesta de los árboles, los patrones de humedad, profundidad del suelo y exploración de la raíces en sistemas de riego de alta frecuencia.

1.3 PERÍODO CRÍTICO EN EL DURAZNERO

1.3.1 Fases del crecimiento del fruto

El durazno presenta una curva de crecimiento doble sigmoide que se divide en tres fases. La fase I se extiende desde plena flor hasta el inicio del endurecimiento del carozo. En esta etapa el fruto crece rápidamente, producto

de un intenso proceso de división celular. En la fase II, o período de endurecimiento del carozo, el desarrollo es muy lento. Por último, en la fase III, que abarca desde el término del endurecimiento del carozo hasta la cosecha, de nuevo se acelera, por efecto de la elongación de las células. La fase II dura aproximadamente un par de semanas en las variedades tardías y es casi imperceptible en las variedades tempranas, porque dura unos pocos días (INIA, 2014). En esta etapa se espera que un estrés hídrico afecte poco el calibre del fruto, puesto que su tasa de crecimiento es prácticamente nula. Con posterioridad a la cosecha, el estrés hídrico tampoco afecta el desarrollo del fruto de la temporada siguiente (Chalmers *et al.*, 1981).

El crecimiento del fruto durante las fases I y II del desarrollo, representa una pequeña proporción del tamaño final del mismo; en cambio, durante la última fase se produce el crecimiento correspondiente a $2/3$ del tamaño final (Mitchell y Chalmers, 1982).

1.3.2 Efecto del riego deficitario según fase de aplicación

En un estudio realizado por Martínez (1995) durante tres temporadas, en la variedad tardía Kakamas, regada por goteo, se probaron distintos regímenes deficitarios de riego en la fase II de crecimiento del fruto, mientras que en la fase III, se regó en todos los tratamientos con la misma cantidad de agua (100% de los requerimientos hídricos). Este autor concluye que en esas condiciones, el aporte de agua fue de un 34% menor al de un riego completo (100% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c)), con sólo una leve diferencia en el calibre de la fruta a la cosecha, de 2,5 a 3,4 mm de menor calibre en los tratamientos de mayor estrés. Asimismo, Chalmers *et al.* (1981), indican que es posible aplicar una tasa de riego equivalente al 12,5% de la ET_c, durante las dos primeras etapas de crecimiento (fases I y II), sin que disminuya la calidad del fruto ni los rendimientos. Incluso, Li *et al.* (1989), encontraron que el déficit hídrico aplicado durante esas mismas etapas, puede ser beneficioso para

reducir la caída prematura de frutos, lo que incrementaría la producción, en comparación con árboles regados normalmente.

En relación a la producción de yemas florales, según Li *et al.* (1989), hubo un aumento en árboles sometidos a déficit hídrico durante cualquier fase de desarrollo del fruto, en relación con el tratamiento con riego normal. Huguet *et al.* (1992), obtuvieron resultados similares y agregan que un suministro hídrico restringido en las fases I y II de crecimiento del fruto, reduce la incidencia de pudrición en post cosecha.

En cuanto al crecimiento vegetativo, varios autores (Chalmers *et al.*, 1981; Mitchell y Chalmers, 1982; Boland *et al.*, 1993) al reducir el suministro del riego en duraznero durante las dos primeras fases de crecimiento del fruto, obtuvieron una reducción significativa del diámetro del tronco. Sin embargo, Boland *et al.* (2000) y Williamson y Coston (1990), no registraron efectos negativos en el crecimiento del tronco, al aplicar diferentes déficits hídricos (50 y 12,5% de ETc), durante las dos primeras fases del crecimiento del fruto.

En nuestro país, Rocca y Zeballos (1990) y Baccino y García Petillo (1995), no encontraron diferencias significativas en el crecimiento del tronco, al aplicar el riego a partir de la finalización de la fase II, en relación al riego durante todo el ciclo del cultivo.

Alarcón *et al.* (2006) trabajando con duraznero temprano cv. Flordastar de cuatro años, aplicando RDC basado en la restricción del riego al 25% de la ETc, excepto en los períodos fenológicos crítico (fase III hasta cosecha), donde se regó con el 100% de ETc, concluyen que se pueden lograr ahorros de agua cercanos al 60%, sin reducción significativa de la producción, en comparación con el riego al 100% de la ETc en todo el ciclo.

Intrigliolo y Castel (2005) experimentaron con una variedad de estación de ciruelo durante 4 años y concluyeron que el RDC, durante endurecimiento del carozo a cosecha, redujo el tamaño de la fruta. En cambio el RDC, desde cosecha hasta fin de ciclo, no afectó la floración, número y crecimiento de frutos

o rendimiento en el corto plazo. Sin embargo, existió un efecto acumulado del estrés hídrico al cuarto año, que provocó una reducción moderada del rendimiento de un 10%, por un menor tamaño de planta.

De acuerdo a lo expuesto por los distintos autores, salvo excepciones, se puede concluir que en frutos de carozo como el duraznero, es posible lograr una disminución del crecimiento vegetativo, sin alterar la calidad de la fruta y su rendimiento, a través de una reducción del aporte de agua a la planta, durante las dos primeras fases de crecimiento del fruto (I y II). Este efecto se explicaría por una menor competencia entre los puntos de crecimiento vegetativo y reproductivo, induciendo así una mayor capacidad de elongación celular durante la fase III, momento en que el suministro hídrico se ha normalizado (Chalmers *et al.*, 1981).

En nuestro país, García *et al.* (2001) encontraron que la mejor relación rendimiento/riego, se obtuvo cuando se cubrió el 75% de la ETc del cultivo.

1.4 INDICADORES DE ESTRÉS HÍDRICO

1.4.1 Indicadores de suelo

Los indicadores de agua en el suelo, han sido y siguen siendo los más utilizados (Rius García, 1996; Hanson *et al.*, 2000, citado por Moreno *et al.*, 2006; Vélez, 2004), debido fundamentalmente a su sencillez. Sin embargo, reflejan sólo indirectamente el estado hídrico de la planta, ya que éste es afectado por las condiciones atmosféricas y de la planta, y no es función únicamente del contenido de agua en el suelo (Hsiao, 1990)

Se pueden utilizar diversos métodos, para tener una indicación del contenido de humedad del suelo. Uno es el método gravimétrico, considerado como el método estándar para determinar el contenido de humedad del suelo.

Asimismo, el contenido de agua puede deducirse del potencial de agua del suelo, que se puede medir por medio de tensiómetros y sensores de resistencia eléctrica.

Cabe destacar que la ubicación de los sensores de humedad del suelo, debe realizarse teniendo en cuenta la distribución y densidad de raíces, lo que incrementa la incertidumbre cuando la humedad del suelo varía en tres dimensiones, como es el caso del riego localizado. (Moreno *et al.*, 2006).

En nuestro país, el uso de tensiómetros como indicadores de los niveles de humedad para comenzar el riego, resultó ser una herramienta precisa y confiable para determinar el contenido de humedad del suelo y establecer las necesidades de riego (García y Docampo, 2000). La sonda de neutrones también ha sido usada con éxito, para definir los patrones de extracción de agua en naranjos cv. Valencia (García Petillo, 2002), en el sur del país; así como para el seguimiento del contenido de humedad en duraznero cv. Rey del monte (García Petillo *et al.*, 2010, datos no publicados) y manzano Red Chief (Calcetto *et al.*, 2007).

1.4.2 Indicadores en planta

Recientemente, están adquiriendo una importancia creciente, los esfuerzos encaminados a programar el riego en base a medidas del estado hídrico de las plantas (Goldhamer y Fereres, 2001, citado por Moreno *et al.*, 2006). Estas ideas derivan del hecho de que, ni las medidas de humedad del suelo, ni las estimaciones de la evapotranspiración de un cultivo, reflejan de forma directa el estado hídrico de las plantas. Las propias plantas son el mejor indicador de su estado hídrico, ya que integran los efectos tanto del suministro de agua desde el suelo, como de las condiciones climáticas (Jones, 2004, citado por Moreno *et al.*, 2006).

El estado hídrico de la planta tiene un rol determinante en todos sus procesos fisiológicos, siendo el crecimiento uno de los más sensibles al déficit

hídrico. Los árboles pueden ser usados como indicadores biológicos, para determinar el momento y la cantidad de riego, desde que ellos están continuamente resolviendo sus propias ecuaciones de balance hídrico y en principio un parámetro fisiológico adecuado, es todo lo que se requeriría (Kriedemann y Barrs, 1981). Además, los indicadores del estado hídrico basados en medidas en las plantas, poseen la ventaja adicional de estar directamente relacionados con la productividad de los cultivos (Goldhamer *et al.*, 2003, citado por Moreno *et al.*, 2006).

Es por ello que se han propuesto distintos tipos de medidas, para caracterizar el estado hídrico, con las que tomar las decisiones relativas al manejo del riego.

Para que un indicador del estado hídrico de los cultivos, pueda constituir una adecuada herramienta para la programación del riego, debe de presentar una alta sensibilidad para diagnosticar cambios en el estado hídrico de las plantas, debiendo existir una determinada proporcionalidad entre la intensidad de señal del indicador y el nivel de estrés hídrico desarrollado. La sensibilidad de un indicador del estrés hídrico, se puede plantear como un cociente entre la respuesta a la situación donde se satisface la totalidad de la evapotranspiración del cultivo, sobre la respuesta de una situación deficitaria. Si ese cociente es 1, el indicador es insensible. Cuanto más diferente de 1 y más proporcionalidad exista entre la variación del indicador y la magnitud del estrés, mejor será ese indicador. Moreno *et al.* (2005) llaman a esto intensidad de la señal.

Uno de los principales inconvenientes de la utilización de indicadores del estado hídrico, basados en medidas en la planta, es la considerable variabilidad entre árboles de las medidas realizadas (Ginestar y Castel, 1996; Naor, 2006b). Por ello, es conveniente utilizar la metodología propuesta por Goldhamer *et al.* (2000), para caracterizar la relación *señal/ruido* de dichos indicadores y poder comparar su utilidad para el manejo del riego.

Además del ya mencionado concepto de *intensidad de señal*, se entiende por *ruido* la dispersión (coeficiente de variación, CV) del valor de ese indicador (Goldhamer y Fereres, 2004). La importancia de la relación *señal/ruido*, deriva de que cuando la intensidad de la *señal* es suficientemente elevada, la variabilidad entre árboles (*ruido*) puede no ser tan crítica (Goldhamer y Fereres, 2001, citado por Moreno *et al.*, 2006) y podría evitarse la instalación de un elevado número de sensores, en cada parcela a estudiar.

García Petillo (2002) utilizó la cámara de Schölander, para monitorear el estado hídrico en naranja cv. Valencia, encontrando que las medidas de potencial hídrico se ordenaban de menor a mayor, según la cantidad de riego recibida, mientras que el tratamiento que había sido regado y luego estresado, presentaba un potencial aún menor que el tratamiento sin riego. Este método, fue utilizado para realizar el seguimiento del estado hídrico de las plantas en duraznero cv. Dixiland, en el sur del país, desde la temporada 2004/05 a la temporada 2006/07 (Morales, 2010).

1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A SER ABORDADO Y RELEVANCIA DEL MISMO PARA LOS ACTORES DEL ÁMBITO SOCIAL O PRODUCTIVO

Si bien a nivel del país el agua no es limitante, su disponibilidad dentro de los predios frutícolas es limitada y existe una competencia por este recurso, entre los distintos rubros de producción. Los requerimientos hídricos netos anuales de las principales especies, se estiman en 6500 y 6800 m³ por hectárea para manzana en espaldera y duraznero de estación respectivamente (Puppo, 2010).

La mayoría de los productores de la zona frutícola del sur del país, no riegan en cantidad suficiente como para cubrir los requerimientos del cultivo y

obtener rendimientos diferenciales en la cantidad y calidad de la producción, que justifiquen el costo del riego. Esto se debe, por un lado, a limitantes en las fuentes de agua, tanto en volúmenes (tajamares, estanques excavados) como en caudales insuficientes (pozos, tomas directas). En otros casos, son los equipos de riego que están sub dimensionados para hacer frente a las necesidades hídricas de los cultivos, en la época de máximos requerimientos. Por último, existe desconocimiento entre los productores, en cuanto a un manejo adecuado del riego, en lo referente a láminas y momentos de aplicación (García Petillo *et al.*, 2003).

Los importantes cambios ocurridos en las últimas décadas, fundamentalmente dados por la apertura y la globalización de los mercados, determinan que para vender un producto ya no sea suficiente producirlo, sino que se debe competir con otros, tanto en precio como en calidad.

1.6 ANTECEDENTES NACIONALES

La Unidad de Hidrología del Departamento de Suelos y Aguas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, viene realizando trabajos de investigación de riego en frutales desde 1987.

Esta línea de investigación está enfocada a generar la información nacional necesaria, para manejar adecuadamente el riego, ajustando dosis, momentos y formas de aplicación del agua en frutales de hoja caduca. La incidencia sobre el rendimiento que produce ese manejo adecuado del riego, es estudiado dentro del contexto de cambios técnicos que se están operando dentro de los distintos rubros frutícolas.

1.7 HIPÓTESIS

Se plantea como hipótesis de trabajo que hay un efecto diferencial en rendimiento, calidad de la fruta, crecimiento vegetativo y estatus hídrico de la planta, en respuesta a la dosis de riego, forma y momento de la aplicación.

1.8 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

1.8.1 Objetivo general

Generar información nacional, sobre el uso de diferentes dosis de riego y su efecto sobre el crecimiento vegetativo y la producción comercial, con la finalidad de optimizar el uso del agua.

Esto significa desde el punto de vista económico y social, una mayor rentabilidad de la empresa agropecuaria, por aumento del valor de los productos y disminución de los costos de producción, fundamentalmente energéticos.

Desde el punto de vista ambiental, significa el uso más racional del recurso hídrico, utilizando la menor cantidad de agua que asegura las mejores respuestas productivas, minimizando los riesgos de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

1.8.2 Objetivos específicos

Generar las curvas de respuesta de crecimiento vegetativo de árboles jóvenes de duraznero a dosis crecientes de agua.

Definir cuál o cuáles de las medidas en planta evaluadas, tienen mayor sensibilidad para detectar precozmente niveles de estrés hídrico.

Estudiar la respuesta de dos combinaciones variedad/porta injerto en duraznero a dosis crecientes de agua.

Aportar información para una correcta programación del riego, apuntando a maximizar rendimientos y calidad del producto cosechado, evitando la aplicación de dosis excesivas de agua.

Suministrar información para permitir un diseño más ajustado de las fuentes de agua y el dimensionamiento de los equipos de riego localizado.

1.9 ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN, METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES ESPECÍFICAS

Se instaló un equipo de riego, diseñado para aplicar diferentes dosis en el monte de duraznero cv. "Las Brujas Don Alberto". Se estimaron los requerimientos hídricos de los cultivos, con los datos climáticos provenientes de la Estación Experimental INIA Las Brujas.

Se instalaron sensores de monitoreo de estado hídrico del suelo (tubos de sonda de neutrones) en el monte de durazneros jóvenes.

Los factores que se describieron y analizaron son: contenido de agua en el suelo; potencial hídrico xilemático; crecimiento vegetativo del tronco, brotes y frutos; interceptación de la radiación solar; rendimiento; producción; calibre de los frutos por tamaño y calidad de la fruta cosechada.

Todos estos factores relacionados con el estrés hídrico en durazneros, interfieren en el desarrollo vegetal y producen una caída en el rendimiento, la producción y calidad de la fruta cosechada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo de investigación se instaló en un monte de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) de cuatro años en floración, en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, 37° 37' S, 56° 13' W, ubicado en la localidad de Progreso en el departamento de Canelones, a 31 km al norte de la ciudad de Montevideo.

2.1 MATERIAL VEGETAL

Se utilizó una variedad temprana de estación cv. “Las Brujas Don Alberto” (fecha de cosecha: 20 de diciembre), injertada sobre dos porta injertos diferentes: Nemaguard e INIA Tsukuba N° 1 (INIA, 2014).

El marco de plantación es de 4,5 m en la entre fila empastada por 2,5 m en la fila, lo que determina una densidad de plantación de 888 árboles por hectárea. El sistema de conducción es en vaso moderno con tres líderes.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL SUELO

El suelo del monte de duraznero 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	Profundidad (cm)	Textura	D. Ap. (g cm ⁻³)	CC (mm dm ⁻¹)	PMP (mm dm ⁻¹)	A.D. (mm dm ⁻¹)
Ap	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 cuatro tratamientos de riego en un diseño en bloques al azar con cinco repeticiones, consistentes en niveles decrecientes de estrés hídrico, de acuerdo al siguiente detalle:

T1) (Estrés severo) - No se regó nunca.

T2) (Estrés moderado) - Se regó con una dosis igual al 33% de la ETc estimada.

T3) (Estrés leve) - Se regó con una dosis igual al 66% de la ETc estimada.

T4) (Sin estrés) - Se regó con una dosis igual al 100% de la ETc estimada.

Las dosis de agua se lograron utilizando una línea de riego por fila con diferentes goteros a distintas separaciones:

T1) Secano.

T2) Goteros de 2 lh^{-1} separados a 1,25 m, con un caudal de 1,32 $\text{lh}^{-1}\text{m}^{-1}$

T3) Goteros de 2 lh^{-1} separados a 0,63 m, con un caudal de 2,64 $\text{lh}^{-1}\text{m}^{-1}$

T4) Goteros de 1,6 lh^{-1} separados a 0,40 m, con un caudal de 4,00 $\text{lh}^{-1}\text{m}^{-1}$

La unidad experimental fue de 5 filas de 32 plantas cada una, totalizando 160 plantas en 20 parcelas de 8 plantas contiguas en la fila, evaluándose las 6 centrales, actuando las 2 de los extremos como bordes (120 medidas).

2.4 MANEJO DEL RIEGO

La ETc se estimó siguiendo la metodología de Penman-Monteith propuesta por FAO (Allen *et al.*, 1998), utilizando los datos meteorológicos registrados en la Estación Experimental INIA Las Brujas.

El ensayo se manejó regando simultáneamente los tres tratamientos (T2, T3 y T4) con iguales tiempos de riego y diferentes caudales.

No se regó del 29/11/2012 al 4/12/2012, del 13/12/2012 al 18/12/2012 y del 24/01/2013 al 8/02/2013, en este último caso por rotura del equipo debido al temporal del 23/01/2013.

2.5 MEDICIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Se realizaron determinaciones semanales de la humedad del suelo, mediante una sonda de neutrones marca CPN, modelo 503DR HYDROPROBE, en 2 parcelas por tratamiento de las filas 2 y 3.

Se utilizaron 8 tubos de acceso de sonda de neutrones a 1,00 m de profundidad, cada uno de los cuales estaba situado en la fila, equidistante de 2 goteros contiguos.

El seguimiento del contenido de agua en el suelo se realizó en tres profundidades por sitio de medida: 0,20 m, 0,40 m y 0,70 m.

2.6 PARÁMETROS EVALUADOS EN LOS ÁRBOLES

La serie de medidas más intensas se hicieron en las plantas sobre porta injerto Nemaguard, mientras que las más generales se realizaron sobre los dos porta injertos.

En efecto, el potencial xilemático se midió sobre porta injerto Nemaguard; mientras que las medidas de humedad del suelo, crecimiento de la sección del tronco, número y crecimiento de brotes, cosecha, crecimiento de frutos, distribución por calibres y fracción de intercepción de radiación por la copa, se hicieron sobre los dos porta injertos.

2.6.1 Parámetros vegetativos

Las variables de crecimiento vegetativo evaluadas fueron: sección del tronco, número y crecimiento de brotes, fracción de intercepción de radiación por la copa.

Las determinaciones de la sección de tronco se realizaron en los 6 árboles centrales de cada parcela (120 árboles en total).

La sección del tronco se estimó a partir de la medición de la circunferencia a 0,20 m de la superficie del suelo con un centímetro de costurera.

Para el crecimiento de los brotes se seleccionaron 2 brotes por árbol en un árbol por parcela (10 brotes por tratamiento) y sus longitudes se midieron con un centímetro de costurera.

Las medidas de la fracción de intercepción de radiación por la copa se realizaron al mediodía, en días despejados. La intercepción de radiación fotosintéticamente activa se midió con un ceptómetro PAR Sunfleck. El ceptómetro se mantuvo a nivel del suelo, por debajo de la copa, nivelado, para efectuar una lectura individual.

En cada fecha se promediaron 24 lecturas por tratamiento, cubriendo totalmente el área debajo de la copa de un árbol de cada una de las 20 parcelas (480 medidas en total). Este valor fue dividido por una lectura realizada a pleno sol, en el espacio correspondiente a la entre fila y sustraído de 100, para obtener el porcentaje de radiación interceptado (R_{int}) por la copa. Similar metodología fue la utilizada por Johnson *et al.* (2000) y Puppo (2009).

2.6.2 Parámetros fisiológicos

Se midió el potencial xilemático a máxima demanda atmosférica, cubriendo de 3 a 6 hojas de 2 árboles por tratamiento, una hora y media antes de la medición con una hoja de aluminio, siguiendo la metodología de Shackel (2001).

Se utilizó una cámara de presión marca Soilmoisture, modelo 3005-1412, siguiendo los procedimientos descritos por Schölander *et al.* (1965).

2.6.3 Crecimiento de frutos, producción y eficiencia productiva

Se realizaron mediciones de crecimiento de frutos en 5 frutos por árbol en cada una de las 20 parcelas, totalizando 25 frutos por tratamiento.

El diámetro de cada fruto se midió con un calibre digital electrónico marca Blue-Point.

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 los frutos de 2 árboles por tratamiento en cada una de las 5 repeticiones, los que se calibraron y separaron en tres categorías comerciales: especial (mayores a 180 g), grande (120 a 180 g) y chico (menores de 120 g).

La eficiencia productiva por árbol se calculó dividiendo los kilos de fruta y el número de frutos por centímetro cuadrado de la sección del tronco.

2.7 DETERMINACIONES Y FRECUENCIAS

Se hicieron las siguientes determinaciones, con las frecuencias que se detallan:

- Diaria - riego total aplicado por tratamiento, precipitaciones registradas en el ensayo y evapotranspiración del cultivo (ETc).
- Semanal - seguimiento del contenido de agua en el suelo mediante sonda de neutrones (48 medidas).
- Semanal - seguimiento del crecimiento de brotes, en 2 brotes marcados por árbol, en un árbol de cada una de las 20 parcelas (40 brotes).
- Semanal - medida del diámetro del fruto, en 5 frutos marcados por árbol, en un árbol de cada una de las 20 parcelas (100 frutos).
- Quincenal - medida del potencial hídrico xilemático mediante cámara de

Schölander, en 3 hojas por árbol de 2 árboles por tratamiento, midiendo a máxima demanda atmosférica (24 hojas).

Mensual - intercepción de la fracción de radiación a medio día por la copa de un árbol de cada una de las 20 parcelas en evaluación, utilizando un ceptómetro (480 medidas).

Semestral - medida de la circunferencia del tronco en los 120 árboles en evaluación (120 medidas).

2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los análisis estadísticos de los resultados experimentales se realizaron con el programa INFOSTAT. Se hicieron los 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

En la temporada de evaluación del ensayo, las lluvias fueron muy superiores a las medias en la primavera (octubre a diciembre) y levemente inferiores en el verano (enero a febrero).

Si se comparan las precipitaciones caídas en el ensayo con la media mensual del período 1972-2013, se aprecia que las lluvias de octubre, noviembre y diciembre, superaron en 88% los registros históricos. Por su parte, las precipitaciones registradas en los meses de enero y febrero, fueron 28% inferiores a las medias mensuales del período considerado (Figura 1).

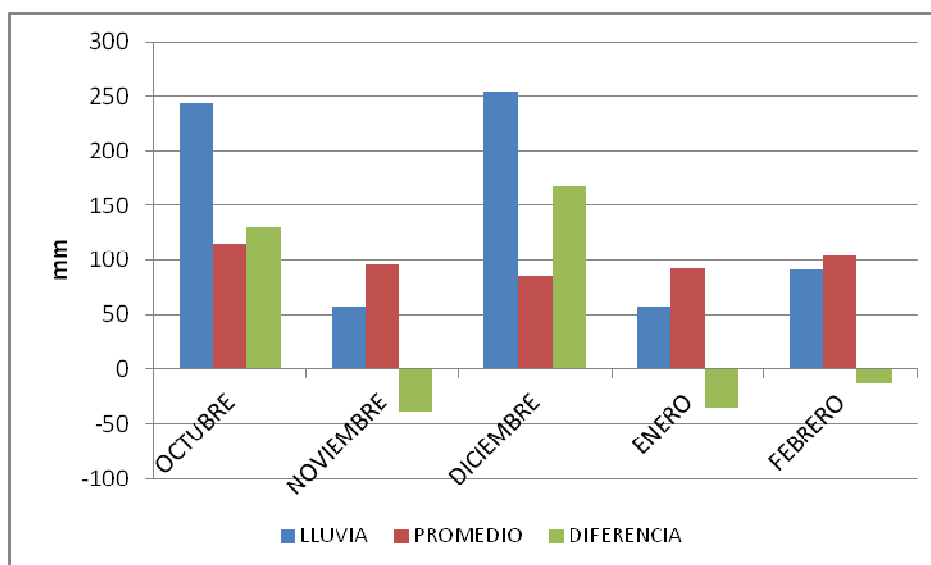


Figura 1. Diferencia entre las lluvias mensuales caídas durante el ensayo y las medias mensuales históricas registradas en la Estación Experimental INIA Las Brujas en el período 1972-2013.

Las lluvias caídas entre los meses de octubre y febrero, no fueron suficientes para cubrir la evapotranspiración estimada del cultivo (ETc), por lo que fue necesario aplicar 256 mm de riego.

En el Cuadro 2 se presentan los datos de riego total aplicado, lluvias totales y ETc estimada para la temporada evaluada.

Cuadro 2. Fecha de inicio y fin del riego, riego total aplicado, ETc estimada y lluvias totales en la temporada 2012-13.

Período	1/10 – 26/02
Riego	256 mm
ETc	839 mm
Lluvia	703 mm

Por otro lado, se observa que las medidas de humedad del suelo, siempre dieron valores muy altos (Figuras 4 y 5). Esto se debe a que cuando se estimó la ETc del cultivo, con la fórmula propuesta por FAO (Allen *et al.*, 1998), el coeficiente del cultivo Kc que se toma de tablas, son valores máximos para plantas sin estrés, bien manejadas y en climas sub-húmedos.

Los valores del factor Kc van cambiando durante el desarrollo del cultivo y básicamente dependen del área foliar que posea el árbol en cada etapa de su desarrollo. Las hojas son los órganos a través de los cuales las plantas transpiran, por lo que es fácilmente comprensible que a mayor área foliar, los árboles pierdan más agua por transpiración.

Los árboles evaluados en el ensayo, no se encontraban en perfectas condiciones sanitarias, debido a que fueron afectados por la Mancha bacteriana o Bacteriosis del duraznero (*Xanthomonas aboricola* pv. *pruni* (Smith) Dye). Además fueron muy castigados por el granizo, la lluvia y el viento del temporal ocurrido el 23 de enero. Esto motivó que las hojas que fueron afectadas, no

podieran cumplir con la función de evapotranspiración a su máxima velocidad, como había sido estimada previamente.

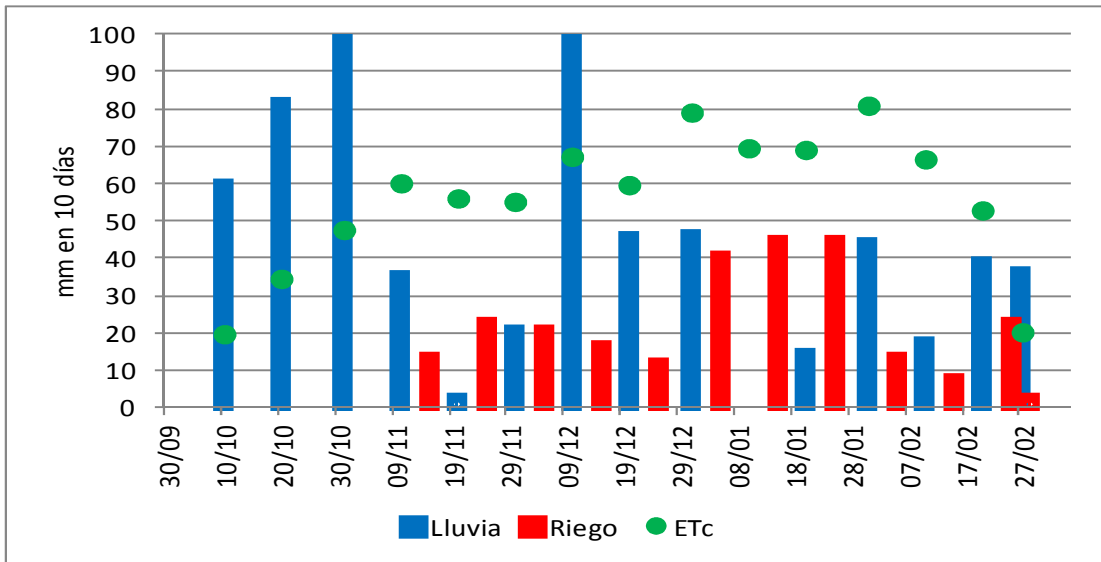


Figura 2. Valores decádicos de lluvias, riego aplicado y ETC durante el ensayo. Todos los valores están en mm totales en 10 días. Las lluvias que superaron los 100 mm en ese período (31/oct. y 10/dic.) se graficaron sólo hasta ese valor.

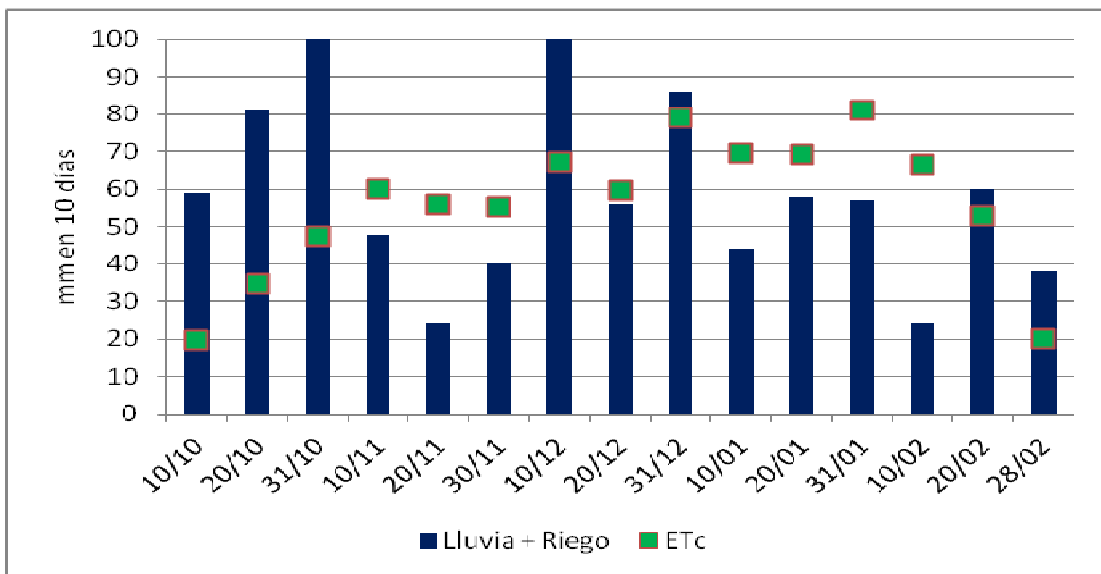


Figura 3. Valores decádicos de lluvias más riego aplicado y ETC durante el ensayo. Todos los valores están en mm totales en 10 días. Las lluvias que superaron los 100 mm en ese período (31/oct. y 10/dic.) se graficaron sólo hasta ese valor.

3.2 EVOLUCIÓN DE LA HUMEDAD EN EL SUELO

El contenido de agua en el suelo en los dos tratamientos más regados (T3 y T4), se mantuvo siempre en altos niveles de humedad en ambos porta injertos, próximos o por encima de capacidad de campo (CC). Por su parte, el T2 con menos riego aplicado, siempre se mantuvo en un contenido muy adecuado de agua. Por el contrario, el seco (T1) nunca bajó su contenido hídrico a nivel cercano a punto de marchitez permanente (PMP), sino que llegó a un agotamiento de alrededor del 50% del agua disponible en el suelo, lo que no es una situación de estrés importante (Figuras 4 y 5).

El principal estrés hídrico se registra entre fines de noviembre y principios de diciembre, durante el último período fenológico crítico (fase III desde el término del endurecimiento del carozo hasta la cosecha), donde se produce el crecimiento correspondiente a 2/3 del tamaño final del fruto y los requerimientos de agua son máximos. En esta etapa el estrés hídrico afecta mucho el calibre del fruto, puesto que su tasa de crecimiento se acelera, por efecto de la elongación de las células. El estrés hídrico posterior a la cosecha, no afecta el desarrollo del fruto de la temporada siguiente.

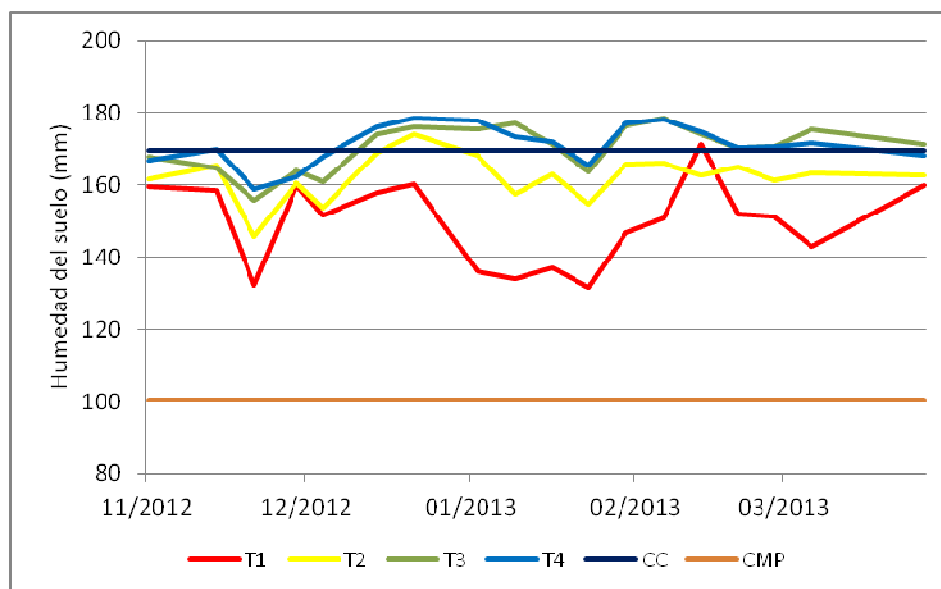


Figura 4. Evolución de la humedad del suelo en los cuatro tratamientos en el porta injerto Nemaguard durante la temporada 2012/13. Los valores corresponden a mm totales en el perfil de 0 a 50 cm. Se indican los valores de CC y CMP.

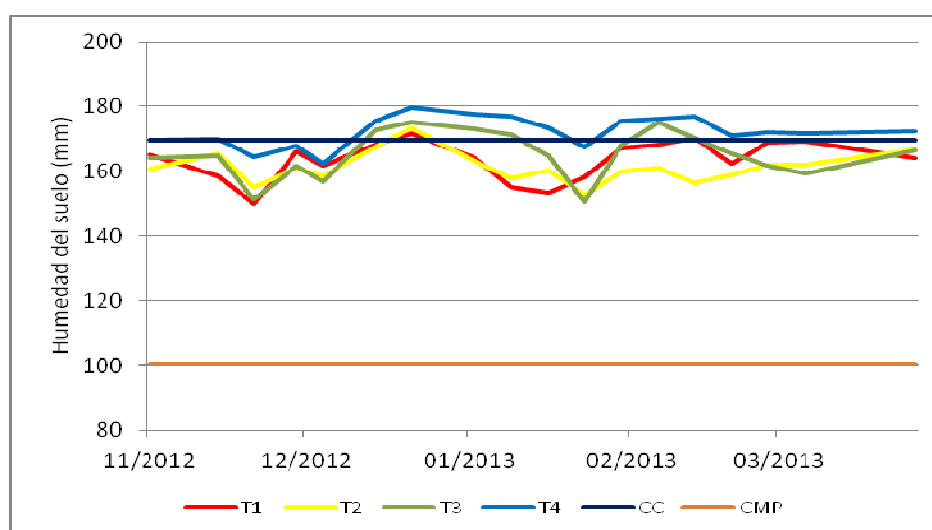


Figura 5. Evolución de la humedad del suelo en los cuatro tratamientos en el porta injerto INIA Tsukuba N° 1 durante a temporada 2012/13. Los valores corresponden a mm totales en el perfil de 0 a 50 cm. Se indican los valores de CC y CMP.

Las diferencias entre los porta injertos se debe a que el INIA Tsukuba N° 1 tiene un menor desarrollo radicular que el Nemaguard.

3.3 CRECIMIENTO VEGETATIVO

3.3.1 Número de brotes

El número promedio de brotes por árbol fue de 492 en T1, 616 en T2, 532 en T3 y 529 en T4, pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los datos analizados. El promedio de brotes total fue de 542. Por lo tanto, el número promedio de brotes resultó ser 9,2% menor en T1; 13,7% mayor en T2; 1,9% menor en T3 y 2,4% menor en T4.

3.3.2 Crecimiento de brotes

En el crecimiento de los brotes no se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 6).

Los brotes en todos los tratamientos presentaron el mismo patrón de crecimiento. El mayor crecimiento se produjo hasta finales del mes de diciembre. A partir de mediados de enero, los brotes en todos los tratamientos finalizaron su crecimiento.

La finalización del crecimiento de los brotes, coincidió con el comienzo del fuerte crecimiento de los frutos (fase de expansión celular).

Los patrones obtenidos en el crecimiento de los brotes, son coincidentes con resultados encontrados por otros autores (Hsiao *et al.*, 1976; Chalmers *et al.*, 1983; Ghrab *et al.*, 1998; Morales, 2010), en donde el crecimiento de los brotes fue máximo en las dos primeras fases del crecimiento de los frutos, disminuyendo notablemente en la última.

La ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos regados (T2, T3 y T4) y en seco (T1), estaría indicando que los menores niveles de humedad registrados en T1, no limitaron el crecimiento de los brotes.

La explicación de por qué sucedió eso radicaría en el período de crecimiento de los brotes, los datos estimados de ETc, la precipitación efectiva y el riego realizado.

El crecimiento de los brotes de todos los tratamientos ocurre de octubre a diciembre y luego se detiene (Figura 6). Las lluvias caídas en ese período fueron muy altas en relación a la ETc y casi no fue necesario regar (Figura 2). El contenido de agua en el suelo nunca bajó del 50% del agua disponible, en ninguno de los cuatro tratamientos (Figuras 4 y 5).

En el porta injerto Nemaguard, la humedad del suelo se mantuvo de octubre a mediados de noviembre entre 160 mm (T1) y 170 mm (T4), bajando a fin de mes a valores entre 130 mm (T1) y 160 mm (T4). A principios de diciembre, aumenta a 160 mm (T1 y T2), 165 mm (T3) y 170 mm (T4), cayendo luego a 150 mm (T1 y T2) y 160 mm (T3), para volver a aumentar el secano (T1) a 160 mm, mientras que a fin de mes en todos la humedad del suelo comienza a crecer en todos los tratamientos regados (T2, T3 y T4) y supera la capacidad de campo.

En el porta injerto INIA Tsukuba N° 1, el contenido de humedad del suelo se mantuvo entre octubre y mediados de noviembre entre 160 mm (T2), 165 mm (T1 y T3) y 170 mm (T4), bajando a fin de mes a 150 mm (T1 y T3), 155 mm (T2) y 165 mm (T4), para luego volver a crecer a 160 mm (T2 y T3) y a cerca de 170 mm (T1 y T4). En diciembre todos los tratamientos comienzan a aumentar y superan la capacidad de campo (170 mm).

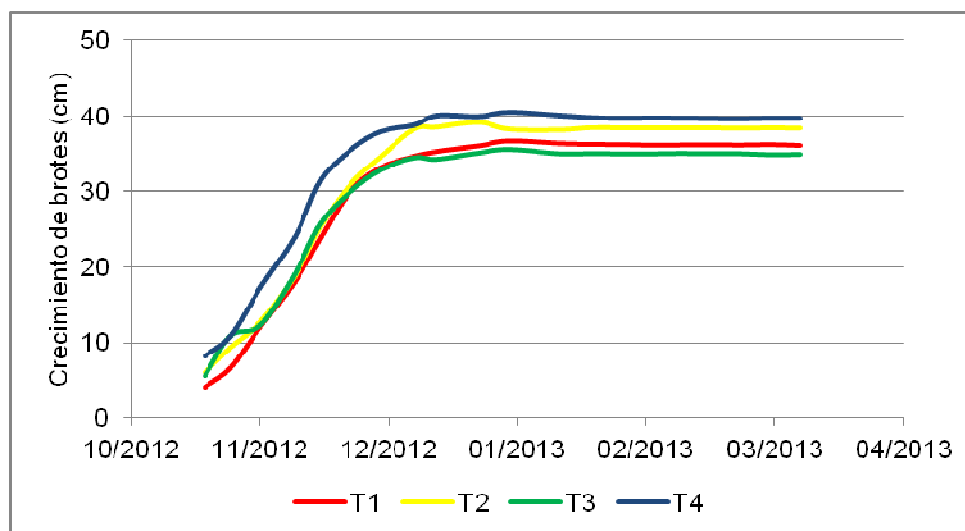


Figura 6. Evolución del crecimiento de los brotes (cm) en la temporada 2012/13.

3.3.3 Crecimiento de la sección del tronco

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de la sección del tronco entre los cuatro tratamientos evaluados.

La ausencia de diferencias significativas en la sección del tronco entre los tratamientos con riego (T2, T3 y T4) y el secano (T1) al final del período de evaluación, es coincidente con los resultados encontrados por Morales (2010) y Layne *et al.* (1986), quienes atribuyeron la falta de respuesta al excesivo régimen de lluvias en las estaciones de crecimiento.

Por otro lado, al evaluar el crecimiento de la sección del tronco con los dos porta injertos del ensayo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En efecto, Nemaguard creció más que INIA Tsukuba N° 1, tanto en porcentaje como en centímetros cuadrados.

3.3.4 Fracción de intercepción de radiación por la copa

En el Cuadro 3 se presentan los valores registrados de intercepción de radiación por la copa en porcentaje.

No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos analizados y todos tienen el mismo porcentaje de intercepción de radiación por la copa.

Se observa que los valores de intercepción de radiación por la copa del 30 de enero, son inferiores a los registrados el 13 de diciembre. Esto se debe a que los árboles resultaron muy afectados por el granizo, la lluvia y el viento del 23 de enero, que provocaron quebraduras de ramas y caídas de hojas. También se constató que los árboles habían sido atacados por la Mancha bacteriana o Bacteriosis del duraznero (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (Smith) Dye).

Cuadro 3. Valores de intercepción de radiación por la copa en porcentaje.

	13/12/2012	30/01/2013
T1	21,12	16,98
T2	25,56	16,39
T3	20,96	18,31
T4	24,53	19,91

3.4 POTENCIAL XILEMÁTICO

En el Cuadro 4 se observa que hay nueve fechas en las que el secano (T1) tiene un potencial xilemático igual a al menos un tratamiento regado y tres fechas en las que es significativamente diferente.

En las tres primeras fechas (21 de noviembre, 18 y 28 de diciembre), no se registran diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos. Por las lluvias registradas en ese período, ningún tratamiento estuvo estresado.

El 28 de diciembre empiezan a bajar todos los tratamientos, descendiendo más el menos regado (T2) y el más regado (T4).

El 16 de enero se observan diferencias significativas menos negativas entre el T3 y los demás tratamientos.

El 23 de enero el seco (T1) dio el potencial xilemático más negativo (-1,03 MPa), seguido por el T2, mientras que no se registraron diferencias significativas entre el T3 y T4, debido a que no estaban estresados.

El 23 de enero, después de haber tomado los registros, se produjo un temporal que, entre otros daños, ocasionó la rotura del equipo de riego que se mantuvo parado hasta el 8 de febrero, como ya fue señalado anteriormente.

El 30 de enero, el T3 se continúa diferenciando significativamente de los otros tres tratamientos, bajando menos a pesar que hacía una semana que no se podía regar.

Por el contrario, el 6 de febrero no hubo diferencias significativas entre los cuatro tratamientos, porque llovió intensamente y se emparejó todo.

El 13 de febrero, si bien hubo alguna diferencia significativa entre los tratamientos, en todos los casos los valores registrados fueron de potenciales muy poco negativos, ubicándose en el entorno de -0,7 MPa.

El 20 de febrero, nuevamente el seco (T1) registró el potencial xilemático más negativo, seguido por el T2, mientras que no se registraron diferencias significativas entre el T3 y T4. Esto permitiría deducir que aunque llovió menos, no le faltó riego.

El 27 de febrero, el seco (T1) presentó un potencial xilemático significativamente más negativo que los otros tratamientos regados, pero entre éstos no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Por su parte, no se registraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos, en las dos últimas fechas medidas (6 y 13 de marzo).

Cuadro 4. Potencial xilemático (MPa) de los cuatro tratamientos en las diferentes fechas.

	21/11		18/12		28/12		16/01	
T1	-0,62	a	-0,56	a	-0,61	a	-1,02	b
T2	-0,60	a	-0,57	a	-0,65	a	-0,89	b
T3	-0,56	a	-0,56	a	-0,64	a	-0,71	a
T4	-0,58	a	-0,56	a	-0,67	a	-0,88	b
	23/01		30/01		06/02		13/02	
T1	-1,03	c	-1,10	b	-1,26	a	-0,72	a
T2	-0,88	b	-1,04	b	-1,38	a	-0,79	b
T3	-0,72	a	-0,91	a	-1,03	a	-0,73	ab
T4	-0,78	a	-1,04	b	-1,17	a	-0,68	a
	20/02		27/02		06/03		13/03	
T1	-1,00	c	-0,80	b	-0,92	a	-0,81	a
T2	-0,88	b	-0,72	a	-0,88	a	-0,79	a
T3	-0,69	a	-0,65	a	-0,86	a	-0,77	a
T4	-0,67	a	-0,69	a	-0,89	a	-0,76	a

Valores seguidos de la misma letra no son significativos de acuerdo al test de Tukey a $p < 0,05$.

A los efectos de una mejor visualización de la evolución del potencial xilemático a lo largo del tiempo, se presenta la Figura 7.

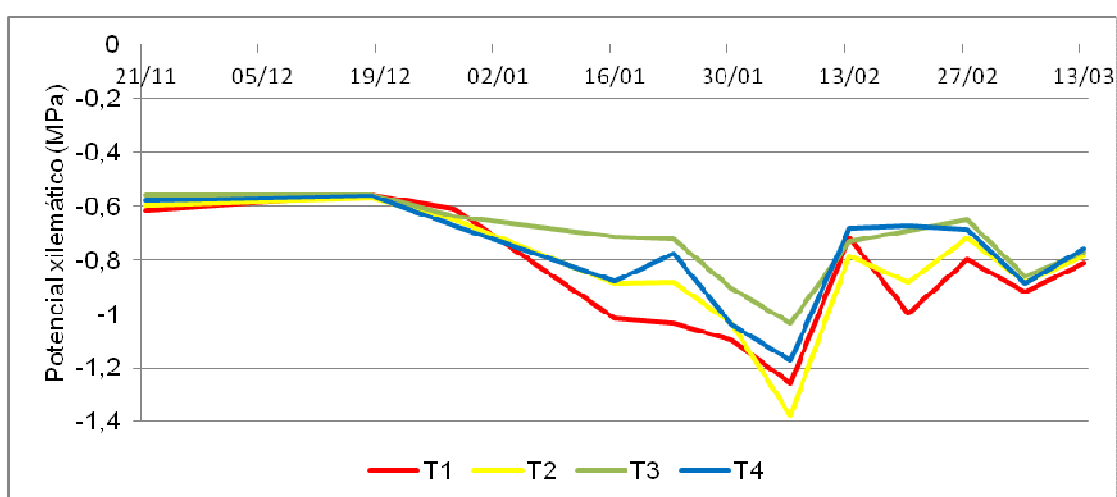


Figura 7. Evolución del Potencial xilemático (MPa) en las diferentes fechas.

En casi todas las fechas el secano (T1) está con un potencial más negativo que los tratamientos regados, pero en muchas no se registran diferencias significativas y hay cuatro fechas en las que no sucede eso.

El 6 de febrero, todos los tratamientos presentan su pico máximo de estrés. Esto se debe a la rotura del equipo de riego, escasas precipitaciones (2,6 mm) y alta demanda atmosférica (ETc 48,4 mm).

3.5 PARÁMETROS PRODUCTIVOS

3.5.1 Crecimiento de los frutos

Los frutos de los tratamientos regados, si bien presentaron mayores valores de diámetro, no registraron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento, en ninguna de las fechas evaluadas, con respecto al secano.

Los tratamientos sin riego (T1) o con riego restringido (T2), no lograron generar en este año en particular, condiciones de estrés hídrico tales que se afectara el crecimiento de los frutos.

3.5.2 Rendimiento, número de frutos y peso promedio

El rendimiento, el número de frutos y el peso promedio de los mismos en los tres tratamientos regados (T2, T3 y T4), no se diferenciaron significativamente entre sí ni del secano (T1).

Esto se debe a que fue un año lluvioso, los árboles no tuvieron limitaciones para el crecimiento de los brotes, porque las lluvias superaron la demanda atmosférica y el contenido de agua en el suelo muestra que nunca estuvieron estresados.

La falta de respuesta en el rendimiento al aplicar diferentes dosis de riego, es coincidente con los resultados encontrados por Layne *et al.* (1996).

Estos autores, durante cuatro 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, micro jets y un control en seco. Los autores explican la falta de respuesta al riego por las altas precipitaciones registradas durante la estación de crecimiento, que impidió la ocurrencia de un déficit hídrico significativo.

Por su parte, al evaluar los dos porta injertos del ensayo, se encontraron diferencias muy significativas en el rendimiento y número de frutos, mientras que en el peso promedio no se registraron diferencias significativas entre Nemaguard e INIA Tsukuba N° 1 (Cuadro 5).

Al evaluar el rendimiento en términos de eficiencia productiva, no se registraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos.

Con referencia a los bajos rendimientos obtenidos, cabe destacar que tienen mucho que ver con el tamaño de fruto y a que son muy pocos por árbol.

En cuanto a los dos porta injertos evaluados, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos en rendimiento/cm² de la sección del tronco (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de la cosecha 2012/13. Rendimiento expresado en kilos y número de frutos por árbol, tamaño de los frutos (g.fruto⁻¹) y eficiencia de producción (kg.cm⁻²) por porta injerto.

	RENDIMIENTO (kg.árbol ⁻¹)	NÚMERO FRUTOS	TAMAÑO (g.fruto ⁻¹)	RENDIMIENTO (kg.cm ⁻²)
N	6,88 b	50,20 b	130,87 a	0,45 a
T	4,64 a	31,42 a	134,18 a	0,32 a

Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a $p < 0,05$.
N (Nemaguard); T (INIA Tsukuba N° 1).

3.5.3 Distribución por calibres

Para los productores frutícolas, no sólo es importante obtener altas producciones, sino que éstas sean de los calibres de mayor valor comercial (especial y grande).

De acuerdo al análisis estadístico de la distribución por calibres, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos regados y en seco.

Sí se registraron diferencias entre los dos porta injertos (Cuadro 6). Para el calibre especial (> 180g) no hubo diferencias significativas entre Nemaguard e INIA Tsukuba N° 1. Sin embargo, sí las hubo en el calibre grande (120 a 180 g) y en el de menor tamaño (< 120 g).

En el calibre grande (120 a 180 g), Nemaguard se comportó mejor que INIA Tsukuba N° 1; en tanto que en el calibre más pequeño (< 120 g), Nemaguard dio menos frutos de descarte.

Cuadro 6. Distribución de la fruta por calibre y porta injerto, expresado en kilos por árbol (kg.árbol⁻¹).

	CALIBRE ESPECIAL (> 180 g)	CALIBRE GRANDE (120 a 180 g)	CALIBRE CHICO (< 120 g)
N	0,78 a	16,66 b	1,74 a
T	1,16 a	11,08 a	3,62 b

Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a $p < 0,05$.
N (Nemaguard); T (INIA Tsukuba N° 1).

4. CONCLUSIONES

1. Debido a las condiciones climáticas de la temporada analizada, no se generó una situación de estrés importante, porque tanto los tratamientos regados como el seco, se mantuvieron siempre en un contenido adecuado de agua en el suelo.
2. De acuerdo a lo anterior, en las variables número promedio de brotes por árbol, crecimiento de brotes, sección del tronco, crecimiento de frutos, rendimiento, número y peso promedio de los frutos, distribución por calibres e interceptación de la radiación por la copa, los tratamientos que recibieron riego no se diferenciaron estadísticamente entre sí y tampoco del seco.
3. El potencial xilemático resultó ser el indicador más sensible a las variaciones del estado hídrico de los árboles. Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en varias de las fechas evaluadas, a pesar que nunca se llegó a niveles de agua en el suelo correspondientes a estrés hídrico.
4. En cuanto a los dos porta injertos evaluados, se registraron diferencias significativas entre ellos en el crecimiento de la sección del tronco, en el rendimiento y en el número de frutos. En efecto, NemaGuard creció más que INIA Tsukuba N° 1, tanto en porcentaje como en cm^{-2} .
5. Por su parte, en la distribución por calibres, NemaGuard se comportó mejor que INIA Tsukuba N° 1, dando más frutos del tamaño grande (120 a 180 g) y menos del calibre más pequeño (menor a 120 g). No se registraron diferencias estadísticamente significativas en el calibre especial (mayor a 180 g).

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón JJ, Torrecillas A, Sánchez-Blanco MJ, Abrisqueta JM, Vera J, Pedrero F, Magaña I, García-Orellana Y, Ortuño MF, Nicolás E, Conejero W, Mounzer O, Ruiz-Sánchez MC. 2006. Estrategias de riego deficitario en melocotonero temprano. *Vida Rural*/15 de marzo de 2006: 28-32.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper 56, Rome. 300 p.
- Baccino Giannetto G, García Petillo M. 1995. Efecto de dos momentos de riego y dos manejos del suelo en el rendimiento y la calidad del duraznero cv. "Rey del Monte". *Boletín de Investigación* N° 46. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 24 p.
- Behboudian MH, Dixon J, Pothamshetty K. 1998. Plant and fruit responses of lysimeter-grown "Braeburn" apple to deficit irrigation. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 73 (6): 781-785.
- Boland AM, Jerie PH, Mitchell PD, Goodwin I, Conner DJ. 2000. Long-term effects of restricted root volume and regulated deficit irrigation on peach: II Productivity and water use. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 125 (19): 143-148.
- Boland AM, Mitchell PD, Jeie PH, Goodwin, I. 1993. The effect of regulated deficit irrigation on tree water use and growth of peach. *Journal of Horticultural Science*. 68 (2): 261-274.
- Bryla DR, Dickson E, Shenk R, Johnson RS, Crisosto CH, Trout TJ. 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. *Horticultural Science*. 40 (7): 2118-2124.
- Calcetto J, Campi P, Guerino G. 2007. Respuesta a la aplicación de diferentes

- dosis y épocas de riego sobre el crecimiento vegetativo del manzano cv. Red Chief. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 100 p.
- Chalmers DJ, Olson K A, Jones TR. 1983. Water relation of peach trees and orchards. En: Kozlowski TT. (Ed.). Water deficits and plant growth. New York: Academic Press. 3: 197-232.
- Chalmers D, Mitchell P, Van Heek L. 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density, and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106 (3): 307-312.
- Daniell JW. 1982. Effect of trickle irrigation on the growth and yield of "Loring" peach trees. *Journal of American Society of Horticultural Science* 57 (4): 393-399.
- Day RK. 2002. Tree Water Use. Orchard Notes. University of California. Cooperative Extension. Tulare. Ca. USA. 30 p.
- Dichio B, Xiloyaniz C, Nuzzo B, Montanaro G, Palese AM. 2004. Post harvest regulated deficit irrigation of peach tree in a Mediterranean environment: effects on vegetative growth and yield. *Acta Horticulturae*. 664: 169-174.
- Durán A, Califra A, Molfino JH, Lynn W. 2005. Keys to soil taxonomy for Uruguay. Washington: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 77 p.
- Frecon JL. 2002. Best management practices for irrigating peach trees. New Jersey Agricultural Experiment Station. USDA. New Brunswick, N. J. USA. 8 p.
- García C, Docampo R, Gómez R. 2001. Efeitos de diferentes manejos da irrigação sobre o crescimento vegetativo, crescimentos e qualidade do fruto na cultura do pessegueiro. En: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (30º, 2001, Foz de Iguazu, Paraná). s.p.

- García C, Docampo R. 2000. Riego y fertilización en frutales de hoja caduca. En: Seminario de investigación aplicada, PRENADER. INIA Las Brujas, 8-9/11/2000.
- García Petillo M. 2010. Optimización del uso del agua de riego en frutales de hoja caduca. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), Programa de Vinculación Universidad-Sociedad y Producción, Proyectos de Vinculación Universidad-Sociedad y Producción (Modalidad 2). Llamado 2010. 26 p. [Datos sin publicar].
- García Petillo M, Puppo L, Romero G, Baccino G. 2003. Respuesta al riego de duraznero, manzano y peral en montes comerciales. Revista Agrociencia. VII (2): 49-61.
- García Petillo, M. 2002. Respuesta a diferentes manejos del riego y balance hídrico de un huerto de cítricos. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 194 p.
- Ghrab M, Sahli A, Bene Mechlia N. 1998. Reduction in vegetative growth and fruit quality improvement in the peach variety "Carnival" through moderate watering restrictions. Acta Horticulturae. 465: 601-608.
- Ginestar C, Castel JR. 1996. Utilización de dendrómetros como indicador de estrés hídrico en mandarinos jóvenes regados por goteo. Riegos y Drenajes XXI. 89: 40-46.
- Girona J, Marsal J, Mata M, Arbonés A, Mata A. 2002. The combined effect of fruit load and water stress in different peach fruit growth stages (*Prunus persica* L.). Leuven: International Society for Horticultural Science (ISHS). Acta Horticulturae. 58: 149-152.
- Goldhamer DA, Fereres E. 2004. Irrigation scheduling of almond tree with trunk diameter sensor. Irrigation Science. 23: 11-19.
- Goldhamer D, Fereres E, Cohen M, Girona J, Mata M. 2000. Comparison of

continuous and discrete plant-based monitoring for detecting tree water deficits and barriers to grower adoption for irrigation management. *Acta Horticulturae*. 537: 431-445.

- Goldhamer DA, Kjølsgren R, Moore JM, Lane J. 1985. Low volume sprinkler surface and subsurface distribution uniformity. *Proceeding of the III International Drip/Trickle Irrigation Congress*. Vol. II. USA. pp.857.
- Gong D, Kang S, Zhang J. 2005. Responses of canopy transpiration and canopy conductance of peach (*Prunus persica*) trees to alternate partial root zone drip irrigation. *Hydrological Process*. 19: 2575-2590.
- Hayashi R, Morales P, Puppo L, García Petillo M. 2012. Descripción y cuantificación de los bulbos húmedos en suelos de textura contrastantes, con diferentes patrones de aplicación del agua de riego localizado. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Departamento de Suelos y Aguas, Grupo Disciplinario de Ingeniería Agrícola, Unidad de Hidrología. En imprenta.
- Holzzapfel HE, Figueroa GG, Venegas VA, Matta CR. 1995. Requerimientos hídricos en manzanos adultos. *Agrociencia*. 11 (1): 49-54.
- Hsiao TC. 1990. Measurements of plant water status. En: Stewart BA, Nielsen DR. (Eds.). *Irrigation of Agricultural Crops*. Madison: Stewart y Nielsen. (Agronomy monograph N° 30). 244-279.
- Hsiao TC, Fereres E, Acevedo E, Henderson DW. 1976. Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. En: Lange OL, Kappen L, Schulze ED. (Eds.). *Ecological studies. Analysis and synthesis. Water and plant life*. Berlin: Springer-Verlag. 19: 281-305.
- Huguet J, Li S, Schoch P, Bussi C. 1992. Response de jeunes pechers cultivars en pots a differents regimes d'alimentation hydrique. *Agronomie*. 10: 163-272.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2014. Manual del

- duraznero. La planta y la cosecha. Boletín de divulgación N° 108. [En línea]. Consultado 19 diciembre 2014.
http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/bd-108_2014.aspx.
- Intrigliolo DS, Castel R. 2005. Effects of regulated deficit irrigation on growth and yield of young Japanese plum trees. *Horticultural Science*. 80 (2): 177-182.
- Johnson RS, Ayars JE, Trout TJ, Mead R, Phene C. 2000. Crop coefficients for mature peach trees are well correlated with midday canopy light interception. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 537: 455-460.
- Koumanov K, Hopmans JW, Schwanki LJ. 1997. Soil water dynamics in the root zone of a micro-sprinkler irrigated almond tree. *Acta Horticulturae*. 664: 369-375.
- Kriedemann PE, Barrs MD. 1981. Citrus orchards. En: Kozlowski TT. (Ed.). *Water deficit and plant growth*. New York: Academic Press. 6: 325-417.
- Layne RC, Tan CS, Hunter DM, Cline RA. 1996. Irrigation and fertilizer application methods affect performance of high-density peach orchards. *Horticultural Science*. 31 (3): 370-375.
- Layne REC, Tan CS, Perry RL. 1986. Characterization of peach roots in Fox sand as influenced by sprinkler irrigation and tree density. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 111: 670-677.
- Li SH, Huguet JG, Bussi C. 1989. Irrigation scheduling in a mature peach orchard using tensiometers and dendrometers. *Irrigation Drain System*. 3: 1-12.
- Martínez F. 1995. Control de crecimiento vegetativo con déficit hídrico, en un huerto de durazneros cv. Kakamas, en alta densidad. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. 51p.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). DIEA (Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias). 2012. Anuario Estadístico Agropecuario. Montevideo, Uruguay. 244p.

- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). PREDEG (Programa de Reconversión y Desarrollo de la Granja). 2001. Serie Técnica. Volumen 5. Orientaciones básicas para el uso de riego en la producción granjera. Montevideo, Uruguay. 93p.
- Mills TM, Behboudian MH, Clothier BE. 1996. Water relations, growth, and the composition of "Braeburn" apple fruit under deficit irrigation. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 121 (2): 286-291.
- Mitchell PD, Chalmers DJ. 1982 The effect of reduced water supply on peach tree growth and yields. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 107 (5): 853-856.
- Morales P. 2010. Efecto de diferentes patrones de aplicación del agua y porcentaje de volumen del suelo mojado en la respuesta vegetativa y productiva de árboles jóvenes de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) cv. "Dixiland". Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 71 p.
- Moreno F, Conejero W, Martín-Palomo MJ, Girón IF, Torrecillas A. 2006. Maximum daily trunk shrinkage reference values for irrigation scheduling in olive trees. *Agricultural Water Manage*. 84: 290-294.
- Moreno F, Ortuño MF, García-Orellana Y, Conejero W., Ruiz-Sánchez MC, Alarcón JJ, Fernández JE, Martín-Palomo MJ, Torrecillas A. 2005. Investigaciones sobre programación del riego en limonero y olivo mediante medidas directas y continuas del estado hídrico. En: CYTED (2006, México). 11 p.
- Morris JR, Katlan AA, Arrington EA. 1962. Response of Elberta peaches to the interactive effects of irrigation on pruning and thinning. *Proceedings American Society Horticultural Science*. 80: 177-189.
- Naor A. 2006a. Irrigation scheduling of peach deficit irrigation at different phenological stages and water stress assessment. *Acta Horticulturae*. 713: 339-350.

- Naor AM. 2006b. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchard. *Horticultural Reviews*. 32: 111-116.
- Pagán R, Pérez A, Nortes PA, Egea G, Domingo R. 2007. Programación de riego deficitario en almendro con dendrómetros. Optimización del uso del agua. XXV Congreso Nacional de Riegos. Pamplona. España. pp. 83-84.
- Pizarro F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, micro aspersión, exudación. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa: 471 p.
- Puppo L. 2009. El riego en frutales de hoja caduca. En: Seminario "Un Salto por el ambiente. Situación del agua en el Uruguay". (2º, 2009, Salto). Montevideo, Uruguay. [En edición].
- Puppo L. 2009. Determinación del consumo de agua del duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) mediante lisimetría de compensación con napa freática constante. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 100 p.
- Quezada C, Venegas A, García H, Ocampo J. 2005. Frecuencia de reposición hídrica en olivos (*Olea europaea* L.) bajo riego por goteo en un suelo franco arcilloso. *Agro Sur*. 33 (2): 74-85.
- Rius García X. 1996. La sonda de neutrones en la programación de riegos y el manejo de cultivos: una experiencia australiana. *Fruticultura Profesional* N° 76.
- Rocca FA, Zeballos RW. 1990. Efectos de dos manejos de suelo y dos momentos de riego sobre el régimen hídrico del suelo y la producción de duraznero cv. Rey del Monte. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. 100 pp.
- Ruiz-Sánchez MC, Girona J. 1995. Investigaciones sobre riego deficitario controlado en melocotonero. En: Zapata M, Segura P. (Eds.). Riego deficitario controlado. Unión Europea: Mundi-Prensa. (Colección Cuadernos VALUE I). 69-95.
- 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. CD. Rom.
- Schölander PF, Hammel HT, Bradstreet ED, Hemmingsen EA. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*. 148: 339-346.
- Thorburn PJ, Cook FJ, Bristow KL., 2003. Soil dependent wetting from Trickle emitters: implications for system design and management. *Irrigation Science*. 22: 121-127.
- Vélez JE. 2004. Programación de riego en cítricos en base a sensores de medida del estado hídrico del suelo y la planta. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. 113 p.
- Williamson JG, Coston DC. 1990. Planting method and irrigation rate influence vegetative and reproductive growth of peach planted at high density. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 15 (2):207- 212.

6. ANEXO

6.1 Respuesta del duraznero al riego por goteo con tres niveles de estrés hídrico¹

Ferrés Pacheco Carlos Pedro¹, † García Petillo Mario²

¹ Félix Buxareo 1287, 11300 Montevideo, Uruguay. Fone: +(5982)26227288 E-mail: ferrescarlos@yahoo.com

² Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Avda. E. Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay. Fone: +(5982)3570491

Resumen: Se realizó un experimento durante la temporada 2012/13, sobre un monte de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch cv. “Las Brujas Don Alberto”) de cuatro años en floración, implantado en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía. El objetivo del trabajo es generar información nacional, sobre el uso de diferentes dosis de riego y su efecto sobre el crecimiento vegetativo y la producción comercial, con la finalidad de optimizar el uso del agua. Se aplicaron cuatro tratamientos de riego con niveles decrecientes de estrés hídrico, utilizando una línea por fila: seco (T1), goteros de 2 lh⁻¹ separados a 1,25 m (T2), goteros de 2 lh⁻¹ separados a 0,63 m (T3) y goteros de 1,6 lh⁻¹ separados a 0,40 m (T4), en un diseño experimental en bloques al azar con cinco repeticiones. Debido a las condiciones climáticas de la temporada analizada, no se evidenció una situación de estrés importante, porque todos los tratamientos se mantuvieron siempre en un nivel adecuado de humedad en el suelo. En las variables número promedio de brotes por árbol, crecimiento de brotes, sección del tronco, crecimiento de frutos, rendimiento, número y peso promedio de los frutos, distribución por calibres e interceptación de la radiación solar, los tratamientos regados no se diferenciaron estadísticamente entre sí y tampoco

¹ El artículo científico será publicado en la revista Agrocienza Uruguay.

del secano. El potencial xilemático resultó ser el indicador más sensible a las variaciones del estado hídrico de los árboles. En cuanto a los dos porta injertos evaluados, se registraron diferencias significativas entre ellos en el crecimiento de la sección del tronco, rendimiento y número de frutos. En efecto, Nemaguard creció más que INIA Tsukuba N° 1, tanto en porcentaje como en cm². En la distribución por calibres, Nemaguard se comportó mejor que INIA Tsukuba N° 1, dando más frutos grandes (120 a 180 g) y menos del calibre más pequeño (menor a 120 g). Se plantea como hipótesis que hay un efecto diferencial en rendimiento, calidad de la fruta, crecimiento vegetativo y estado hídrico de la planta, en respuesta a la dosis de riego, forma y momento de la aplicación.

Palabras clave: frutales de hoja caduca, riego deficitario, potencial xilemático.

Peach trees response to a drip irrigation system with three levels of water stress

Abstract: An experiment was conducted during 2012/13, on a peach grove (*Prunus persica* L. Batsch cv. "Las Brujas Don Alberto") four years in bloom, implanted in the South Regional Center of the Faculty of Agronomy. The aim of this work is to generate national information on the use of different doses of irrigation and its effect on vegetative growth and commercial production, in order to optimize water use. Four irrigation treatments were applied with decreasing levels of water stress, using one line per row: without irrigation (T1), drippers of 2 lh⁻¹ at 1.25 m (T2), drippers of 2 lh⁻¹ at 0.63 m (T3) and drippers of 1.6 lh⁻¹ at 0.40 m (T4), in an experimental design in randomized blocks with five replications. Due to seasonal weather conditions analyzed, there was no evidence of significant stress for all treatments, because they always kept at an appropriate level of moisture in the soil. In the variables average number of shoots per tree, shoot growth, trunk section, fruit growth, performance, number and mean fruit weight, caliber distribution

and interception of sun radiation, the irrigated treatments did not differ statistically from each other and either from dry land. The xilematic potential was found to be the most sensitive indicator to changes in the water status of the trees. As for the two rootstocks evaluated, there were significant differences between them in the growth of the trunk section, performance and number of fruits. Indeed, Nemaguard grew more than INIA Tsukuba N° 1, both in percentage and in cm². In the distribution according to size, Nemaguard outperformed INIA Tsukuba N° 1, giving more large fruits (120-180 g) and less of the smallest size (less than 120 g). It is hypothesized that there is a differential effect on yield, fruit quality, vegetative growth and plant water status in response to the dose of irrigation, form and time of application.

Keywords: deciduous fruit, deficit irrigation, xilematic potential.

INTRODUCCIÓN

En Uruguay la explotación comercial de frutales de hoja caduca ocupa una superficie de 7,4 miles de hectáreas, de las cuales el 48% corresponde a manzano, el 28% corresponde a duraznero y el 14% a peral, según datos relevados en la zafra 2009-10 (MGAP-DIEA, 2012).

En la zona sur del país se concentra el 93% de las explotaciones, el 96% de las plantas y el 99% de la producción de los frutales de hoja caduca.

El período de producción comienza a mediados de octubre con la cosecha de las variedades tempranas del norte en los departamentos de Artigas y Salto, y finaliza en febrero con la cosecha de las variedades tardías del tipo pavía en los departamentos de Montevideo, Canelones, San José y Colonia. El rendimiento promedio para las variedades de estación en la

temporada 2010-11 fue de 15 kilos por planta (MGAP-DIEA, 2012), volumen ligeramente inferior a los obtenidos a fines de la década de los años 90 (15 a 17 kilos por planta).

La extrema irregularidad y variabilidad en la distribución de las lluvias en Uruguay, con valores promedio anuales de 1200 mm, determinan períodos de déficit hídrico en el cultivo de duraznero. Esta variación en el régimen de lluvias, junto a la instalación de nuevas plantaciones en alta densidad, ha contribuido a incrementar en los últimos años el área de frutales con riego.

Los datos de la encuesta agrícola de la zafra 2010/11, indican que el 61% de la superficie plantada con frutales de hoja caduca cuenta con riego, como forma de asegurar la cosecha en calidad y volumen de fruta producida (MGAP-DIEA, 2012).

El duraznero responde clara y rápidamente a la aplicación del riego en la primera temporada de uso, tanto en crecimiento vegetativo como en rendimiento de fruta. Cuando el riego se aplica desde la implantación del monte, el mayor crecimiento y desarrollo vegetativo de los árboles hace que éstos entren antes en producción (MGAP-PREDEG, 2001).

En los primeros estudios de riego de árboles frutales caducos, la mayoría de los autores coinciden en cuanto a que el riego proporciona tres beneficios principales: mejora el crecimiento del árbol (Chalmers *et al.*, 1983; Frecon, 2002), incrementa el rendimiento (Chalmers *et al.*, 1983; Bryla *et al.*, 2005) y aumenta el tamaño del fruto (Morris *et al.*, 1962; Daniell, 1982; Baccino y García Petillo, 1995; Day, 2002). Sin embargo, tales beneficios dependen de cómo, cuándo y cuánta agua se aplique a la planta. El exceso y la falta de agua tienen un impacto en la productividad del cultivo de durazno y las mejores prácticas de riego deben reducir el uso del agua.

En climas lluviosos como el del Uruguay, en que los aportes de agua no dependen sólo del riego y por lo tanto no son controlables, se maneja el concepto de riego suplementario, mientras que el concepto de riego deficitario comienza a pensarse como alternativa a evaluar, ante la situación de fuentes de agua insuficientes. En el sur del país, es común que a nivel predial, tanto los caudales de los pozos como la capacidad de los reservorios de agua, no alcancen para satisfacer la totalidad de los requerimientos hídricos de los cultivos (García Petillo *et al.*, 2003). Consiste en el manejo del riego con dosis reducidas y/o su aplicación en momentos críticos del cultivo, definidos en base a la sensibilidad estacional de los cultivos al estrés hídrico, permitiendo un ahorro sustancial de agua y energía sin afectar la producción comercial.

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).

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).

El durazno presenta una curva de crecimiento doble sigmoide que se divide en tres fases. La fase I se extiende desde plena flor hasta el inicio del endurecimiento del carozo. En esta etapa el fruto crece rápidamente, producto de un intenso proceso de división celular. En la fase II, o

período de endurecimiento del carozo, el desarrollo es muy lento. Por último, en la fase III, que abarca desde el término del endurecimiento del carozo hasta la cosecha, de nuevo se acelera, por efecto de la elongación de las células. La fase II dura aproximadamente un par de semanas en las variedades tardías y es casi imperceptible en las variedades tempranas, porque es de unos pocos días (INIA, 2014). En esta etapa se espera que un estrés hídrico afecte poco el calibre del fruto, puesto que su tasa de crecimiento es prácticamente nula. Con posterioridad a la cosecha, el estrés hídrico tampoco afecta el desarrollo del fruto de la temporada siguiente (Chalmers *et al.*, 1981).

En nuestro país, Rocca y Zeballos (1990) y Baccino y García Petillo (1995), no encontraron diferencias significativas en el crecimiento del tronco, al aplicar el riego a partir de la finalización de la fase II, en relación al riego durante todo el ciclo del cultivo.

De acuerdo a lo expuesto por los distintos autores, salvo excepciones, se puede concluir que en frutos de carozo como el duraznero, es posible lograr una disminución del crecimiento vegetativo, sin alterar la calidad de la fruta y su rendimiento, a través de una reducción del aporte de agua a la planta, durante las dos primeras fases de crecimiento del fruto (I y II). Este efecto se explicaría por una menor competencia entre los puntos de crecimiento vegetativo y reproductivo, induciendo así una mayor capacidad de elongación celular durante la fase III, momento en que el suministro hídrico se ha normalizado (Chalmers *et al.*, 1981).

En nuestro país, García *et al.* (2001) encontraron que la mejor relación rendimiento/riego, se obtuvo cuando se cubrió el 75% de la ETc del cultivo.

Recientemente, están adquiriendo una importancia creciente los esfuerzos encaminados a programar el riego en base a medidas del estado hídrico de las plantas (Goldhamer y Fereres,

2001, citado por Moreno *et al.*, 2006). Estas ideas derivan del hecho de que ni las medidas de humedad del suelo, ni las estimaciones de la evapotranspiración de un cultivo, reflejan de forma directa el estado hídrico de las plantas. Las propias plantas son el mejor indicador de su estado hídrico, ya que integran los efectos tanto del suministro de agua desde el suelo como de las condiciones climáticas (Jones, 2004, citado por Moreno *et al.*, 2006).

García Petillo (2002) utilizó la cámara de Schölander, para monitorear el estado hídrico en naranja cv. Valencia, encontrando que las medidas de potencial hídrico se ordenaban de menor a mayor, según la cantidad de riego recibida, mientras que el tratamiento que había sido regado y luego estresado, presentaba un potencial aún menor que el tratamiento sin riego. Este método, fue utilizado para realizar el seguimiento del estado hídrico de las plantas en duraznero cv. Dixiland, en el sur del país, desde la temporada 2004/05 a la temporada 2006/07 (Morales *et al.*, 2010).

Si bien a nivel del país el agua no es limitante, su disponibilidad dentro de los predios frutícolas es limitada y existe una competencia por este recurso, entre los distintos rubros de producción. Los requerimientos hídricos netos anuales de las principales especies, se estiman en 6500 y 6800 m³ por hectárea para manzana en espaldera y duraznero de estación respectivamente (Puppo, 2010).

La mayoría de los productores de la zona frutícola del sur del país, no riegan en cantidad suficiente como para cubrir los requerimientos del cultivo y obtener rendimientos diferenciales en la cantidad y calidad de la producción que justifiquen el costo del riego. Esto se debe, por un lado, a limitantes en las fuentes de agua, tanto en volúmenes (tajamares, estanques excavados)

como en caudales insuficientes (pozos, tomas directas). En otros casos, son los equipos de riego que están sub dimensionados para hacer frente a las necesidades hídricas de los cultivos, en la época de máximos requerimientos. Por último, existe desconocimiento entre los productores, en cuanto a un manejo adecuado del riego, en lo referente a láminas y momentos de aplicación (García Petillo *et al.*, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo de investigación se instaló en un monte de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) de cuatro años en floración, en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, 37° 37' S, 56° 13' W, ubicado en la localidad de Progreso en el departamento de Canelones, a 31 km al norte de la ciudad de Montevideo.

Se utilizó una variedad temprana de estación cv. "Las Brujas Don Alberto" (fecha de cosecha: 20 de diciembre), injertada sobre dos porta injertos diferentes: Nema-guard e INIA Tsukuba N° 1 (INIA, 2014).

El marco de plantación es de 4,5 m en la entre fila empastada por 2,5 m en la fila, lo que determina una densidad de plantación de 888 árboles por hectárea. El sistema de conducción es en vaso moderno con tres líderes.

El suelo del monte de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) 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	Profundidad (cm)	Textura	D. Ap. (g cm ⁻³)	CC (mm dm ⁻¹)	PMP (mm dm ⁻¹)	A.D. (mm dm ⁻¹)
Ap	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)

Se aplicaron cuatro tratamientos de riego en un diseño en bloques al azar con cinco repeticiones, consistentes en niveles decrecientes de estrés hídrico, de acuerdo al siguiente detalle:

T1) (Estrés severo) - No se regó nunca.

T2) (Estrés moderado) - Se regó con una dosis igual al 33% de la ETc estimada.

T3) (Estrés leve) - Se regó con una dosis igual al 66% de la ETc estimada.

T4) (Sin estrés) - Se regó con una dosis igual al 100% de la ETc estimada.

Las dosis de agua se lograron utilizando una línea de riego por fila con diferentes goteros a distintas separaciones:

T1) Secano.

T2) Goteros de 2 lh⁻¹ separados a 1,25 m, con un caudal de 1,32 lh⁻¹m⁻¹

T3) Goteros de 2 lh⁻¹ separados a 0,63 m, con un caudal de 2,64 lh⁻¹ m⁻¹

T4) Goteros de 1,6 lh⁻¹ separados a 0,40 m, con un caudal de 4,00 lh⁻¹ m⁻¹

La unidad experimental fue de 5 filas de 32 plantas cada una, totalizando 160 plantas en 20 parcelas de 8 plantas contiguas en la fila, evaluándose las 6 centrales, actuando las 2 de los extremos como bordes (120 medidas).

La ETc se estimó siguiendo la metodología de Penman-Monteith propuesta por FAO (Allen *et al.*, 1998), utilizando los datos meteorológicos registrados en la Estación Experimental INIA Las Brujas.

El ensayo se manejó regando simultáneamente los tres tratamientos (T2, T3 y T4) con iguales tiempos de riego y diferentes caudales.

No se regó del 29/11/2012 al 4/12/2012, del 13/12/2012 al 18/12/2012 y del 24/01/2013 al 8/02/2013, en este último caso por rotura del equipo debido al temporal del 23/01/2013.

Se realizaron determinaciones semanales de la humedad del suelo, mediante una sonda de neutrones marca CPN, modelo 503DR HYDROPROBE, en dos parcelas por tratamiento de las filas 2 y 3.

Se utilizaron ocho tubos de acceso de sonda de neutrones a 1,00 m de profundidad, cada uno de los cuales estaba situado en la fila, equidistante de dos goteros contiguos.

El seguimiento del contenido de agua en el suelo se realizó en tres profundidades por sitio de medida: 0,20 m, 0,40 m y 0,70 m (48 medidas).

La serie de medidas más intensas se hicieron en las plantas sobre porta injerto Nemaguard, mientras que las más generales se realizaron sobre los dos porta injertos.

Las variables de crecimiento vegetativo evaluadas fueron: sección del tronco, número y crecimiento de brotes, fracción de intercepción de radiación por la copa.

Las determinaciones de la sección de tronco se realizaron en los seis árboles centrales de cada parcela, al comienzo y al final del ensayo (120 árboles en total).

La sección del tronco se estimó a partir de la medición de la circunferencia a 0,20 m de la superficie del suelo con un centímetro de costurera.

Para el crecimiento de los brotes se seleccionaron dos brotes por árbol en un árbol por parcela (10 brotes por tratamiento) y sus longitudes se midieron semanalmente.

Las medidas de la fracción de intercepción de radiación por la copa se realizaron al mediodía, en días despejados de diciembre y enero.

La intercepción de radiación fotosintéticamente activa se midió con un ceptómetro PAR Sunfleck. El ceptómetro se mantuvo a nivel del suelo, por debajo de la copa, nivelado, para efectuar una lectura individual. En cada fecha se promediaron 24 lecturas por tratamiento, cubriendo totalmente el área debajo de la copa de un árbol de cada una de las 20 parcelas. Este valor fue dividido por una lectura realizada a pleno sol, en el espacio correspondiente a la entre fila y sustraído de 100 para obtener el porcentaje de radiación interceptado (R_{int}) por la copa. Similar metodología fue la utilizada por Johnson *et al.* (2000) y Puppo (2009).

Se midió el potencial xilemático a máxima demanda atmosférica, cubriendo de tres a seis hojas de dos árboles por tratamiento, una hora y media antes de la medición con una hoja de aluminio, siguiendo la metodología de Shackel (2001).

Se utilizó una cámara de presión marca Soilmoisture, modelo 3005-1412, siguiendo los procedimientos descritos por Schölander *et al.* (1965).

Se realizaron mediciones semanales del crecimiento de frutos, en cinco frutos por árbol en cada parcela, totalizando 20 frutos por tratamiento (100 frutos).

El diámetro de cada fruto se midió con un calibre digital electrónico marca Blue-Point.

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 los frutos de dos árboles por tratamiento en cada una de las cinco repeticiones, los que se calibraron y separaron en tres categorías comerciales: especial (mayores a 180 g), grande (120 a 180 g) y chico (menores de 120 g).

La eficiencia productiva por árbol se calculó dividiendo los kilos de fruta y el número de frutos por centímetro cuadrado de la sección del tronco.

Los análisis estadísticos de los resultados experimentales se realizaron con el programa INFOSTAT. Se hicieron los 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

En la temporada de evaluación del ensayo, las lluvias fueron muy superiores a las medias en la primavera (octubre a diciembre) y levemente inferiores en el verano (enero a febrero).

Si se comparan las precipitaciones caídas en el ensayo con la media mensual del período 1972-2013, se aprecia que las lluvias de octubre, noviembre y diciembre, superaron en 88% los registros históricos. Por su parte, las precipitaciones registradas en los meses de enero y febrero, fueron 28% inferiores a las medias mensuales del período considerado (Figura 1).

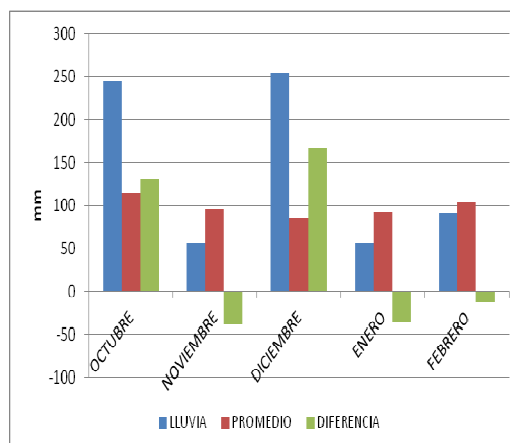


Figura 1. Diferencia entre las lluvias mensuales caídas durante el ensayo y las medias mensuales históricas registradas en la Estación Experimental INIA Las Brujas en el período 1972-2013.

Las lluvias caídas entre los meses de octubre y febrero, no fueron suficientes para cubrir la evapotranspiración estimada del cultivo (ETc), por lo que fue necesario aplicar 256 mm de riego.

En el Cuadro 2 se presentan los datos de riego total aplicado, lluvias totales y ETc estimada para la temporada evaluada.

Cuadro 2. Fecha de inicio y fin del riego, riego total aplicado, ETc estimada y lluvias totales en la temporada 2012-13.

Período	1/10 – 26/02
Riego	256 mm
ETc	839 mm
Lluvia	703 mm

Por otro lado, se observa que las medidas de humedad del suelo, siempre dieron valores muy altos (Figuras 4 y 5). Esto se debe a que cuando se estimó la ETc del cultivo, con la

fórmula propuesta por FAO (Allen *et al.*, 1998), el coeficiente del cultivo K_c que se toma de tablas, son valores máximos para plantas sin estrés, bien manejadas y en climas sub-húmedos.

Los valores del factor K_c van cambiando durante el desarrollo del cultivo y básicamente dependen del área foliar que posea el árbol en cada etapa de su desarrollo. Las hojas son los órganos a través de los cuales las plantas transpiran, por lo que es fácilmente comprensible que, a mayor área foliar, los árboles pierdan más agua por transpiración.

Los árboles evaluados en el ensayo, no se encontraban en perfectas condiciones sanitarias, debido a que fueron afectados por la Mancha bacteriana o Bacteriosis del duraznero (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (Smith) Dye). Además fueron muy castigados por el granizo, la lluvia y el viento del temporal ocurrido el 23 de enero. Esto motivó que las hojas que fueron afectadas, no pudieran cumplir con la función de evapotranspiración a su máxima velocidad, como había sido estimada previamente.

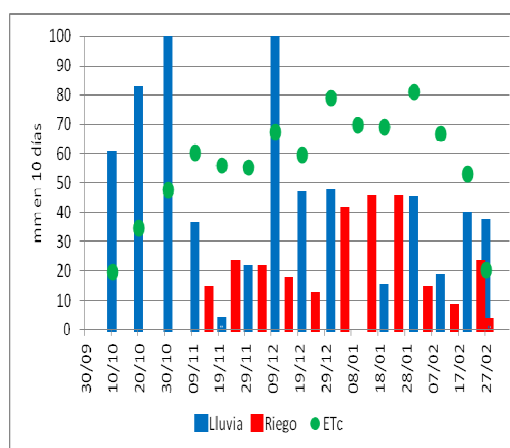


Figura 2. Valores decádicos de lluvias, riego aplicado y ETC durante el ensayo. Todos los valores están en mm totales en 10 días. Las lluvias que superaron los 100 mm en ese período (31/oct. y 10/dic.) se graficaron sólo hasta ese valor.

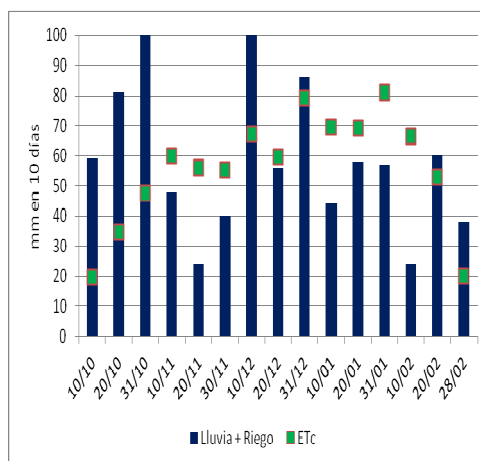


Figura 3. Valores decádicos de lluvias más riego aplicado y ETc durante el ensayo. Todos los valores están en mm totales en 10 días. Las lluvias que superaron los 100 mm en ese período (31/oct. y 10/dic.) se graficaron sólo hasta ese valor.

Evolución de la humedad en el suelo

El contenido de agua en el suelo en los dos tratamientos más regados (T3 y T4), se mantuvo siempre en altos niveles de humedad en ambos porta injertos, próximos o por encima de capacidad de campo (CC). Por su parte, el T2 con menos riego aplicado, siempre se mantuvo en un contenido muy adecuado de agua. Por el contrario, el secano (T1) nunca bajó su contenido hídrico a nivel cercano a punto de marchitez permanente (PMP), sino que llegó a un agotamiento de alrededor del 50% del agua disponible en el suelo, lo que no es una situación de estrés importante (Figuras 4 y 5).

El estrés hídrico se registra entre fines de noviembre y principios de diciembre, durante el último período fenológico crítico (fase III desde el término del endurecimiento del carozo hasta la cosecha), donde se produce el crecimiento correspondiente a 2/3 del tamaño final del fruto y los requerimientos de agua son máximos. En esta etapa el estrés hídrico afecta mucho el calibre del

fruto, puesto que su tasa de crecimiento se acelera, por efecto de la elongación de las células. El estrés hídrico posterior a la cosecha, no afecta el desarrollo del fruto de la temporada siguiente.

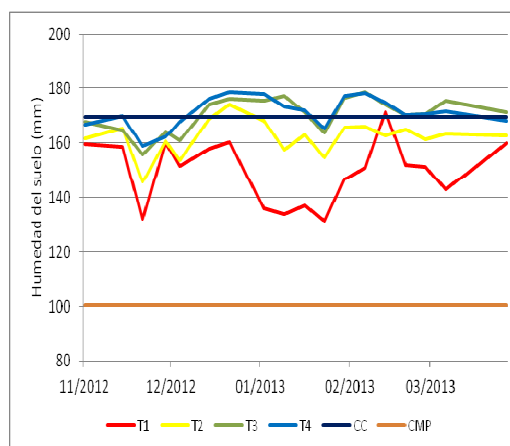


Figura 4. Evolución de la humedad del suelo en los cuatro tratamientos en el porta injerto Nemaguard durante la temporada 2012/13. Los valores corresponden a mm totales en el perfil de 0 a 50 cm. Se indican los valores de CC y CMP.

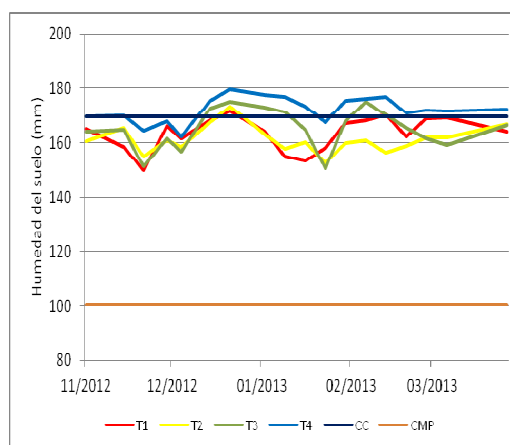


Figura 5. Evolución de la humedad del suelo en los cuatro tratamientos en el porta injerto INIA Tsukuba N° 1 durante la temporada 2012/13. Los valores corresponden a mm totales en el perfil de 0 a 50 cm. Se indican los valores de CC y CMP.

La diferencia entre ambos porta injertos se debe a que el INIA Tsukuba N° 1 tiene un menor desarrollo radicular que el Nemaguard.

Crecimiento vegetativo

El número promedio de brotes por árbol fue de 492 en T1, 616 en T2, 532 en T3 y 529 en T4, pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los datos analizados. El promedio de brotes total fue de 542. Por lo tanto, el número promedio de brotes resultó ser 9,2% menor en T1; 13,7% mayor en T2; 1,9% menor en T3 y 2,4% menor en T4.

En el crecimiento de los brotes no se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 6).

Los brotes en todos los tratamientos presentaron el mismo patrón de crecimiento. El mayor crecimiento se produjo hasta finales del mes de diciembre. A partir de mediados de enero, los brotes en todos los tratamientos finalizaron su crecimiento.

La finalización del crecimiento de los brotes, coincidió con el comienzo del fuerte crecimiento de los frutos (fase de expansión celular).

Los patrones obtenidos en el crecimiento de los brotes, son coincidentes con resultados encontrados por otros autores (Hsiao *et al.*, 1976; Chalmers *et al.*, 1983; Ghrab *et al.*, 1998; Morales, 2010), en donde el crecimiento de los brotes fue máximo en las dos primeras fases del crecimiento de los frutos, disminuyendo notablemente en la última.

La ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos regados (T2, T3 y T4) y en seco (T1), estaría indicando que los menores niveles de humedad registrados en T1, no limitaron el crecimiento de los brotes.

La explicación de por qué sucedió eso radicaría en el período de crecimiento de los brotes, los datos estimados de ETc, la precipitación efectiva y el riego realizado.

El crecimiento de los brotes de todos los tratamientos ocurre de octubre a diciembre y luego se detiene (Figura 6). Las lluvias caídas en ese período fueron muy altas en relación a la ETc y casi no fue necesario regar (Figura 2). El contenido de agua en el suelo nunca bajó del 50% del agua disponible, en ninguno de los cuatro tratamientos (Figuras 4 y 5).

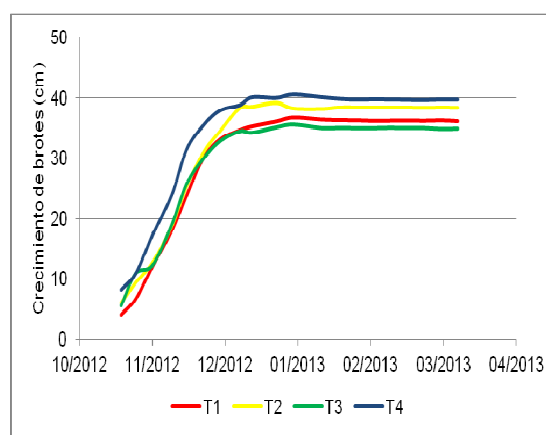


Figura 6. Evolución del crecimiento de los brotes (cm) en la temporada 2012/13.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de la sección del tronco entre los cuatro tratamientos evaluados.

La ausencia de diferencias significativas en la sección del tronco entre los tratamientos con riego (T2, T3 y T4) y el seco (T1) al final del período de evaluación, es coincidente con los resultados encontrados por Morales (2010) y Layne *et al.* (1986), quienes atribuyeron la falta de respuesta al excesivo régimen de lluvias en las estaciones de crecimiento.

Por otro lado, al evaluar el crecimiento de la sección del tronco con los dos porta injertos del ensayo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En efecto,

Nemaguard creció más que INIA Tsukuba N° 1, tanto en porcentaje como en centímetros cuadrados.

En el Cuadro 3 se presentan los valores registrados de fracción de intercepción de radiación por la copa en porcentaje.

Cuadro 3. Valores de intercepción de radiación por la copa en porcentaje.

	13/12/2012	30/01/2013
T1	21,12	16,98
T2	25,56	16,39
T3	20,96	18,31
T4	24,53	19,91

No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos analizados y todos tienen el mismo porcentaje de intercepción de radiación por la copa.

Se observa que los valores de intercepción de radiación por la copa del 30 de enero, son inferiores a los registrados el 13 de diciembre. Esto se debe a que los árboles resultaron muy afectados por el granizo, la lluvia y el viento del 23 de enero, que provocaron quebraduras de ramas y caídas de hojas. También se constató que los árboles habían sido atacados por la Mancha bacteriana o Bacteriosis del duraznero (*Xanthomonas arboricola* pv *pruni* (Smith) Dye).

Potencial xilemático

En el Cuadro 4 se observa que hay nueve fechas en las que el secano (T1) tiene un potencial xilemático igual a al menos un tratamiento regado y tres fechas en las que es significativamente diferente.

En las tres primeras fechas (21 de noviembre, 18 y 28 de diciembre), no se registran diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos. Por las lluvias registradas en ese período, ningún tratamiento estuvo estresado.

El 28 de diciembre empiezan a bajar todos los tratamientos, descendiendo más el menos regado (T2) y el más regado (T4).

El 16 de enero se observan diferencias menos significativas entre el T3 y los demás tratamientos.

El 23 de enero el secano (T1) dio el potencial xilemático más negativo (-1,03 MPa), seguido por el T2, mientras que no se registraron diferencias significativas entre el T3 y T4, debido a que no estaban estresados.

El 23 de enero, después de haber tomado los registros, se produjo un temporal que, entre otros daños, ocasionó la rotura del equipo de riego que se mantuvo parado hasta el 8 de febrero, como ya fue señalado anteriormente.

El 30 de enero, el T3 se continúa diferenciando significativamente de los otros tres tratamientos, bajando menos a pesar que hacía una semana que no se podía regar.

Por el contrario, el 6 de febrero no hubo diferencias significativas entre los cuatro tratamientos, porque llovió intensamente y se emparejó todo.

El 13 de febrero, si bien hubo alguna diferencia significativa entre los tratamientos, en todos los casos los valores registrados fueron de potenciales muy poco negativos, ubicándose en el entorno de -0,7 MPa.

Cuadro 4. Potencial xilemático (MPa) de los cuatro tratamientos en las diferentes fechas.

	21/11		18/12		28/12		16/01	
T1	-0,62	a	-0,56	a	-0,61	a	-1,02	b
T2	-0,60	a	-0,57	a	-0,65	a	-0,89	b
T3	-0,56	a	-0,56	a	-0,64	a	-0,71	a
T4	-0,58	a	-0,56	a	-0,67	a	-0,88	b
	23/01		30/01		06/02		13/02	
T1	-1,03	c	-1,10	b	-1,26	a	-0,72	a
T2	-0,88	b	-1,04	b	-1,38	a	-0,79	b
T3	-0,72	a	-0,91	a	-1,03	a	-0,73	ab
T4	-0,78	a	-1,04	b	-1,17	a	-0,68	a
	20/02		27/02		06/03		13/03	
T1	-1,00	c	-0,80	b	-0,92	a	-0,81	a
T2	-0,88	b	-0,72	a	-0,88	a	-0,79	a
T3	-0,69	a	-0,65	a	-0,86	a	-0,77	a
T4	-0,67	a	-0,69	a	-0,89	a	-0,76	a

Valores seguidos de la misma letra no son significativos de acuerdo al test de Tukey a $p < 0,05$.

El 20 de febrero, nuevamente el secano (T1) registró el potencial xilemático más negativo, seguido por el T2, mientras que no se registraron diferencias significativas entre el T3 y T4. Esto permitiría deducir que aunque llovió menos, no le faltó riego.

El 27 de febrero, el secano (T1) presentó un potencial xilemático significativamente más negativo que los otros tratamientos regados, pero entre éstos no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Por su parte, no se registraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos, en las dos últimas fechas medidas (6 y 13 de marzo).

A los efectos de una mejor visualización de la evolución del potencial xilemático a lo largo del tiempo, se presenta la Figura 7.

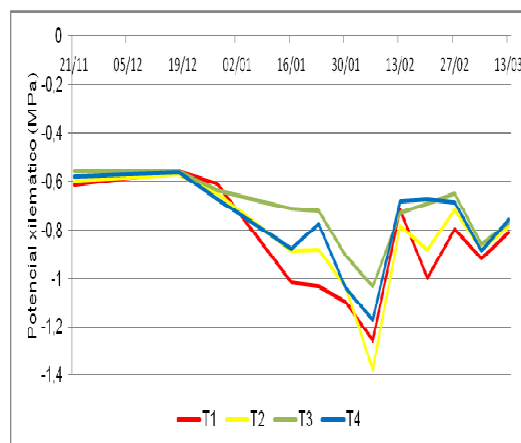


Figura 7. Evolución del Potencial xilemático (MPa) en las diferentes fechas.

En casi todas las fechas el secano (T1) está con un potencial más negativo que los tratamientos regados, pero en muchas no se registran diferencias significativas y hay cuatro fechas en las que no sucede eso.

El 6 de febrero, todos los tratamientos presentan su pico máximo de estrés. Esto se debe a la rotura del equipo de riego, escasas precipitaciones (2,6 mm) y alta demanda atmosférica (ETc 48,4 mm) (Figura 7).

Parámetros productivos

Los frutos de los tratamientos regados, si bien presentaron mayores valores de diámetro, no registraron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento, en ninguna de las fechas evaluadas, con respecto al secano.

Los tratamientos sin riego (T1) o con riego restringido (T2), no lograron generar en este año en particular, condiciones de estrés hídrico tales que se afectara el crecimiento de los frutos.

El rendimiento, el número de frutos y el peso promedio de los mismos en los tres tratamientos regados (T2, T3 y T4), no se diferenciaron significativamente entre sí ni del secano (T1). Esto se debe a que fue un año lluvioso, los árboles no tuvieron limitaciones para el crecimiento de los brotes, porque las lluvias superaron la demanda atmosférica y el contenido de agua en el suelo muestra que nunca estuvieron estresados.

La falta de respuesta en el rendimiento al aplicar diferentes dosis de riego, es coincidente con los resultados encontrados por Layne *et al.* (1996). Estos autores, durante cuatro 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, micro jets y un control en secano. Los autores explican la falta de respuesta al riego por las altas precipitaciones registradas durante la estación de crecimiento, que impidió la ocurrencia de un déficit hídrico significativo.

Por su parte, al evaluar los dos porta injertos del ensayo, se encontraron diferencias muy significativas en el rendimiento y número de frutos, mientras que en el peso promedio no se registraron diferencias significativas entre Nemaguard e INIA Tsukuba N° 1 (Cuadro 5).

Al evaluar el rendimiento en términos de eficiencia productiva, no se registraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos.

Con referencia a los bajos rendimientos obtenidos, cabe destacar que tienen mucho que ver con el tamaño de fruto y a que son muy pocos por árbol.

En cuanto a los dos porta injertos evaluados, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos en rendimiento/cm² de la sección del tronco (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de la cosecha 2012/13. Rendimiento expresado en kilos y número de frutos por árbol, tamaño de los frutos (g.fruto⁻¹) y eficiencia de producción (kg.cm⁻²) por porta injerto.

RENDIMIENTO (kg.árbol ⁻¹)	NÚMERO FRUTOS	TAMAÑO (g.fruto ⁻¹)	RENDIMIENTO (kg.cm ⁻²)
6,88 b	50,20 b	130,87 a	0,45 a
4,64 a	31,42 a	134,18 a	0,32 a

Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a $p < 0,05$.
N (Nemaguard); T (INIA Tsukuba N° 1).

De acuerdo al análisis estadístico de la distribución por calibres, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos regados y en seco.

Sí se registraron diferencias entre los dos porta injertos (Cuadro 6). Para el calibre especial (> 180g) no hubo diferencias significativas entre Nemaguard e INIA Tsukuba N° 1. Sin embargo, sí las hubo en el calibre grande (120 a 180 g) y en el de menor tamaño (< 120 g).

En el calibre grande (120 a 180 g), Nemaguard se comportó mejor que INIA Tsukuba N° 1; en tanto que en el calibre más pequeño (< 120 g), Nemaguard dio menos frutos de descarte.

Cuadro 6. Distribución de la fruta por calibre y porta injerto, expresado en kilos por árbol (kg.árbol⁻¹).

	CALIBRE ESPECIAL (> 180 g)	CALIBRE GRANDE (120 a 180 g)	CALIBRE CHICO (< 120 g)
N	0,78 a	16,66 b	1,74 a
T	1,16 a	11,08 a	3,62 b

Valores seguidos de la misma letra no son diferentes de acuerdo al test de Tukey a $p < 0,05$.
N (Nemaguard); T (INIA Tsukuba N° 1).

CONCLUSIONES

1. Debido a las condiciones climáticas de la temporada analizada, no se generó una situación de estrés importante, porque tanto los tratamientos regados como el secano, se mantuvieron siempre en un contenido adecuado de agua en el suelo.
2. De acuerdo a lo anterior, en las variables número promedio de brotes por árbol, crecimiento de brotes, sección del tronco, crecimiento de frutos, rendimiento, número y peso promedio de los frutos, distribución por calibres e intercepción de la radiación por la copa, los tratamientos que recibieron riego no se diferenciaron estadísticamente entre sí y tampoco del secano.
3. El potencial xilemático resultó ser el indicador más sensible a las variaciones del estado hídrico de los árboles. Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en varias de las fechas evaluadas, a pesar que nunca se llegó a niveles de agua en el suelo correspondientes a estrés hídrico.
4. En cuanto a los dos porta injertos evaluados, se registraron diferencias significativas entre

ellos en el crecimiento de la sección del tronco, en el rendimiento y en el número de frutos.

En efecto, Nemaguard creció más que INIA Tsukuba N° 1, en porcentaje y en cm².

5. Por su parte, en la distribución por calibres, Nemaguard se comportó mejor que INIA Tsukuba N° 1, dando más frutos del tamaño grande (120 a 180 g) y menos del calibre más pequeño (menor a 120 g). No se registraron diferencias estadísticamente significativas en el calibre especial (mayor a 180 g).

BIBLIOGRAFÍA

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for Computing crop water requirements. Roma: FAO. 300 p. (Estudio FAO: Irrigation and Drainage Paper; 56).
- Baccino Giannetto G, García Petillo M. 1995. Efecto de dos momentos de riego y dos manejos del suelo en el rendimiento y la calidad del duraznero cv. "Rey del Monte". Boletín de Investigación N° 46. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 24 p.
- Bryla DR, Dickson E, Shenk R, Johnson RS, Crisosto CH, Trout TJ. 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. *Horticultural Science*. 40 (7): 2118-2124.
- Chalmers DJ, Olson K A, Jones TR. 1983. Water relation of peach trees and orchards. En: Kozlowski TT. (Ed.). Water deficits and plant growth. New York: Academic Press. 3: 197-232.
- Chalmers D, Mitchell P, Van Heek L. 1981. Control of peach tree growth and productivity by

- regulated water supply, tree density, and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106 (3): 307-312.
- Daniell JW. 1982. Effect of trickle irrigation on the growth and yield of "Loring" peach trees. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 57 (4): 393-399.
- Day RK. 2002. Tree Water Use. Orchard Notes. University of California. Cooperative Extension. Tulare. Ca. USA. 30 p.
- Durán A, Califra A, Molfino JH, Lynn W. 2005. Keys to soil taxonomy for Uruguay. Washington: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 77 p.
- Frecon JL. 2002. Best management practices for irrigating peach trees. New Jersey Agricultural Experiment Station. USDA. New Brunswick, N.J. USA. 8 p.
- García C, Docampo R, Gómez R. 2001. Efeitos de diferentes manejos da irrigação sobre o crescimento vegetativo, crescimentos e qualidade do fruto na cultura do pessegueiro. En: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (30º, 2001, Foz de Iguazu, Paraná). s.p.
- García Petillo M. 2010. Optimización del uso del agua de riego en frutales de hoja caduca. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), Programa de Vinculación Universidad-Sociedad y Producción, Proyectos de Vinculación Universidad-Sociedad y Producción (Modalidad 2). Llamado 2010. 26 p. [Datos sin publicar].
- García Petillo M, Puppo L, Romero G, Baccino G. 2003. Respuesta al riego de duraznero, manzano y peral en montes comerciales. *Revista Agrociencia*. VII (2): 49-61.
- García Petillo, M. 2002. Respuesta a diferentes manejos del riego y balance hídrico de un huerto

de cítricos. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 194 p.

- Ghrab M, Sahli A, Bene Mechlia N. 1998. Reduction in vegetative growth and fruit quality improvement in the peach variety "Carnival" through moderate watering restrictions. *Acta Horticulturae*. 465: 601-608.
- Hsiao TC, Fereres E, Acevedo E, Henderson DW. 1976. Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. En: Lange OL, Kappen L, Schulze ED. (Eds.). *Ecological studies. Analysis and synthesis. Water and plant life*. Berlin: Springer-Verlag. 19: 281-305.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2014. Manual del duraznero. La planta y la cosecha. Boletín de divulgación N° 108. [En línea]. Consultado 19 diciembre 2014. http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/bd-108_2014.aspx.
- Johnson RS, Ayars JE, Trout TJ, Mead R, Phene C. 2000. Crop coefficients for mature peach trees are well correlated with midday canopy light interception. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 537: 455-460.
- Layne RC, Tan CS, Hunter DM, Cline RA. 1996. Irrigation and fertilizer application methods affect performance of high-density peach orchards. *Horticultural Science*. 31 (3): 370-375.
- Layne REC, Tan CS, Perry RL. 1986. Characterization of peach roots in Fox sand as influenced by sprinkler irrigation and tree density. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 111: 670-677.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). DIEA (Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias). 2012. Anuario Estadístico Agropecuario. Montevideo, Uruguay. 244 p.

- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). PRENADER (Programa de Reconversión y Desarrollo de la Granja). 2001. Serie Técnica. Volumen 5. Orientaciones básicas para el uso de riego en la producción granjera. Montevideo, Uruguay. 93 p.
- Morales P. 2010. Efecto de diferentes patrones de aplicación del agua y porcentaje de volumen del suelo mojado en la respuesta vegetativa y productiva de árboles jóvenes de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) cv. "Dixiland". Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 71 p.
- Moreno F, Conejero W, Martín-Palomo MJ, Girón IF, Torrecillas A. 2006. Maximum daily trunk shrinkage reference values for irrigation scheduling in olive trees. *Agricultural Water Manage.* 84: 290-294.
- Morris JR, Katlan AA, Arrington EA. 1962. Response of Elberta peaches to the interactive effects of irrigation on pruning and thinning. *Proceedings American Society Horticultural Science.* 80: 177-189.
- Pizarro F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, micro aspersión, exudación. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 471 p.
- Puppo L. 2009. El riego en frutales de hoja caduca. En: Seminario "Un Salto por el ambiente". Situación del agua en el Uruguay. (2º, 2009, Salto). Montevideo, Uruguay. [En edición].
- Puppo L. 2009. Determinación del consumo de agua del duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) mediante lisimetría de compensación con napa freática constante. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 100 p.
- Rocca FA, Zeballos RW. 1990. Efectos de dos manejos de suelo y dos momentos de riego sobre

- el régimen hídrico del suelo y la producción de duraznero cv. Rey del Monte. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 100 p.
- 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. CD. Rom.
- Schölander PF, Hammel HT, Bradsteet ED, Hemmingsen EA. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*. 148: 339-346.
- Thorburn PJ, Cook FJ, Bristow KL., 2003. Soil dependent wetting from Trickle emitters: implications for system design and management. *Irrigation Science*. 22: 121-127.
- Vélez JE. 2004. Programación de riego en cítricos en base a sensores de medida del estado hídrico del suelo y la planta. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. 113 p.
- Williamson JG, Coston DC. 1990. Planting method and irrigation rate influence vegetative and reproductive growth of peach planted at high density. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 15 (2):207- 212.