

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“APLICACIÓN DE RIEGO DEFICITARIO DE SECADO PARCIAL  
DE LA ZONA DE RAICES EN EL CULTIVO DE DURAZNO,  
MEDIANTE EL RIEGO POR GOTEO”**

**Presentado por:**

**ROSSANA BEATRIZ ATOCCSA GOMEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA**

**Lima – Perú**

**2015**

Dedicado a mis padres Emerenciano y Benigna, mi ejemplo de lucha y constancia, y, a mis hermanos Ruben y Carolina, quienes tendrán mi apoyo incondicional siempre que lo necesiten.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi patrocinador, Ing. Mg. Sc. Miguel Sánchez, por haberme dado la oportunidad de realizar esta tesis bajo su dirección, así como las facilidades y permisos otorgados para ejecutar la evaluación experimental en la parcela demostrativa de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por confiar en mí, por su apoyo, asesoría y consejos.

A los profesores miembros de mi jurado Ing. Mg. Sc. David Ascencios, Ing. Antonio Enciso e Ing. Guillermo Parodi, por su apoyo y recomendaciones de las que aprendí mucho y que ayudaron a mejorar mi trabajo, y, sin los que no hubiera podido culminar este proyecto.

A la Ing. Elena Rojas por su asesoría y ayuda que me brindó desde el inicio de mi tesis para conocer a mayor detalle el cultivo de durazno y poder así concluir con el proyecto.

A mis amigos Ronald Lozano, Miguel Colonia, Alan Santibáñez, entre otros, por el apoyo en las labores de esta tesis, por sus recomendaciones, apoyo y consejos, que siempre llevaré en mi corazón.

A Dios por ser mi guía y fuerza espiritual y moral, a mis padres Emerenciano y Benigna por su paciencia y apoyo incondicional, a mi hermano Ruben por la ayuda que me brindó cuando lo necesité, y, a toda mi familia por su paciencia, apoyo, tolerancia y comprensión, que de alguna u otra forma contribuyeron a motivarme para concluir con mi tesis.

## INDICE

I.	INTRODUCCION.....	1
	1.1. Objetivos de la investigación.....	3
II.	REVISION DE LITERATURA	
	2.1. Estrés.....	4
	2.1.1. Estrés hídrico .....	4
	2.1.2. Estrés hídrico en cultivos .....	5
	2.2. Sequía .....	6
	2.3. Cultivo del durazno.....	6
	2.4. Necesidades hídricas del cultivo.....	11
	2.5. Eficiencia de Uso de Agua .....	13
	2.6. Riego Deficitario .....	14
	2.6.1. Riego Deficitario Controlado.....	14
	2.6.2. Riego de secado parcial de la zona de raíces (SPZR).....	16
	2.6.2.1. Riego de secado parcial de raíces (SPZR) en frutales.....	19
	2.6.2.2. SPZR en el durazno.....	22
III.	MATERIALES Y METODOS	
	3.1. Descripción del área de estudio	
	3.1.1. Ubicación .....	24
	3.1.2. Clima y meteorología.....	26
	3.1.3. Caracterización del suelo.....	26
	3.1.4. Caracterización del agua de riego .....	26
	3.2. Diseño experimental .....	27
	3.3. Equipos y materiales usados.....	28
	3.4. Metodología aplicada.....	30

3.4.1. Selección y asignación de plantas .....	30
3.4.2. Manejo agronómico del durazno .....	31
3.4.3. Programación de riego.....	34
3.4.4. Evaluación y adaptación del sistema de riego.....	37
3.4.5. Aplicación del tratamiento SPZR (variable independiente)...	40
3.4.6. Medición y control de las variables dependientes .....	41
3.4.7. Análisis estadístico .....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	
4.1. Registros fenológicos .....	43
4.2. Consumo de Agua en los Tratamientos de Riego.....	50
4.3. Caracterización de la humedad en el suelo .....	58
4.4. Crecimiento vegetativo .....	61
4.5. Producción de cosecha .....	64
4.6. Eficiencia de uso de agua (EUA).....	71
V. CONCLUSIONES .....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	76
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
VIII. ANEXOS.....	87

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de la Estación Alexander Von Humboldt. ....	
Tabla 2: Aplicación del tratamiento según períodos fenológicos del durazno.....	
Tabla 3: Duración de los períodos fenológicos del durazno.....	26
Tabla 4: Registro de fechas y duración de los períodos fenológicos de la Variedad Florida 39.....	40
	44
Tabla 5: Registro de fechas y duración de los períodos fenológicos de la Variedad Canario.....	45
	45
Tabla 6: Aplicación de los tratamientos de riego según estado fenológico - Florida .....	46
	46
Tabla 7: Aplicación de los tratamientos de riego según estado fenológico – Canario.....	51
	51
Tabla 8: Lámina de riego total de los tratamientos T1 y T2 – Florida 39.....	
Tabla 9: Lámina de riego total de los tratamientos T1 y T2 - Canario.....	52
	52
Tabla 10: Volumen total de agua en los tratamientos T1 y T2.....	53
	53
Tabla 11: Crecimiento del ancho de copa en los tratamientos T1 y T2.....	53
	53
Tabla 12: Crecimiento de la altura de copa en los tratamientos T1 y T2.....	55
	55

Tabla 13: Cantidad total de frutos en los tratamientos T1 y T2.....	62
Tabla 14: Rendimiento (Kg/árbol) de cosecha en los tratamientos T1 y T2.....	63
Tabla 15: Peso medio de frutos (gr) en los tratamientos T1 y T2 .....	64
Tabla 16: Diámetro medio (cm) de frutos en los tratamientos T1 y T2 .....	66
Tabla 17: Distribución (%) de frutos en las categorías comerciales de calibre en los tratamientos T1 y T2.....	68
Tabla 18: Eficiencia de uso de agua (%) en los tratamientos T1 y T2.....	69
	70
	72

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de la zona de raíces, lado seco y húmedo, durante la alternancia de riego.....	
Figura 2. Diseño del tratamiento de riego de secado parcial en la zona de raíces (SPZR).....	19
Figura 3. Vista de la parcela experimental de duraznos .....	
Figura 4. Plano de Ubicación de la zona de estudio.....	19
Figura 5. Esquema del área experimental de durazneros.....	24
Figura 6. Arbol de durazno en período de dormancia, parcela experimental .....	25
Figura 7. Arbol de durazno en período vegetativo, parcela experimental.....	28
Figura 8. Toma de muestra para la medición por el método gravimétrico.....	33
Figura 9. Esquema de la aplicación de los tratamientos de riego: SPZR (T1) y control.....	34
	36
Figura 10. Anillo portagotero con los ramales izquierdo y derecho de la zona de raíces para el riego deficitario de secado parcial (SPZR).....	38
Figura 11. Anillo portagotero continuo para el riego control (100% ETc).....	
Figura 12. Registro en el período de floración .....	39

Figura 13. Medición y control del diámetro del durazno durante su crecimiento...	39
Figura 14. Peso del fruto cosechado.....	41
Figura 15. Curva de crecimiento del fruto de la variedad Florida 39.....	42
Figura 16. Curva de crecimiento del fruto de la variedad Canario.....	42
Figura 17. Estado fenológico: Yema receso.....	45
Figura 18. Estado fenológico: Yema hinchada.....	46
Figura 19. Estado fenológico: Botón rosado.....	47
Figura 20. Estado fenológico: Inicio floración.....	47
Figura 21. Estado fenológico: Plena floración.....	47
Figura 22. Estado fenológico: Fase I – Rápido crecimiento de fruto.....	48
Figura 23. Estado fenológico: Fase II – Endurecimiento de carozo.....	48
Figura 24. Estado fenológico: Fase III - Rápido crecimiento de fruto.....	48
Figura 25. Evapotranspiración de referencia (ETo), evapotranspiración de Cultivo (ETc) y lámina de riego de los tratamientos T1 y T2 – Florida 39.....	49
Figura 26. Evapotranspiración de referencia (ETo), evapotranspiración de cultivo (ETc) y lámina de riego de los tratamientos T1 y T2 – Canario.....	51
Figura 27. Evapotranspiración de referencia (ETo) acumulado, evapotranspiración de cultivo (ETc) acumulado y lámina de riego acumulada de los tratamientos T1 y T2 – Florida 39 .....	52

Figura 28. Evapotranspiración potencial (ET <sub>o</sub> ) acumulado, evapotranspiración de cultivo (ET <sub>c</sub> ) acumulado y lámina de riego acumulada de los tratamientos T1 y T2 – Canario. ....	54
Figura 29. Volumen total de agua de riego en los tratamientos.....	54
Figura 30. Volumen total de agua de riego y rendimiento en los tratamientos T1 y T2- Florida.....	56
Figura 31. Volumen total de agua de riego y rendimiento en los tratamientos T1 y T2- Canario.....	57
Figura 32. Variación de la humedad gravimétrica en las unidades experimentales Florida - Ramal derecho.....	57
Figura 33. Variación de la humedad gravimétrica en las unidades Experimentales Florida – Ramal izquierdo.....	59
Figura 34. Variación de la humedad gravimétrica en las unidades Experimentales Canario – Ramal derecho.....	60
Figura 35. Variación de la humedad gravimétrica en las unidades Experimentales Canario – Ramal izquierdo.....	60
Figura 36. Crecimiento del ancho de copa (m) en los tratamientos T1 y T2.....	61
Figura 37. Crecimiento de la altura de copa (m) en los tratamientos T1 y T2.....	61
Figura 38. Cantidad total de frutos en los tratamientos T1 y T2.....	63
Figura 39. Rendimiento (Kg/árbol) de la cosecha en los tratamientos T1 y T2....	63
Figura 40. Rendimiento (Tn/ha) de la cosecha en los tratamientos T1 y T2.....	64

Figura 41. Peso medio de frutos (gr) en los tratamientos T1 y T2.....	66
Figura 42: Diámetro medio de fruto (cm) en los tratamientos T1 y T2. ....	67
Figura 43. Distribución (%) de frutos en las categorías comerciales del calibre en los tratamientos T1 y T2 – Florida 39.....	68
Figura 44. Distribución (%) de frutos en las categorías comerciales del calibre en los tratamientos T1 y T2 - Canario.....	69
Figura 45. Eficiencia de uso de agua ( $\text{Kg/m}^3$ ) en los tratamientos T1 y T2.....	71
	71
	73

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Datos meteorológicos de la Estación Experimental Alexander Von Humboldt (1994 – 2005). .....	
ANEXO 2. Análisis de suelo.....	
ANEXO 3. Análisis de agua. ....	87
ANEXO 4. Programa de Manejo Agronómico (Agosto 2010 - Enero2011) en la Parcela Experimental. ....	90
ANEXO 5. Plan de abonamiento. ....	91
ANEXO 6. Cálculo de las necesidades hídricas del duraznero. ....	92
ANEXO 7. Prueba de capacidad de campo. ....	93
ANEXO 8. Caracterización del gotero autocompensante Irritec (4 l/h).....	95
ANEXO 9. Coeficiente de variabilidad.....	103
ANEXO 10. Prueba de coeficiente uniformidad caudal.....	105
ANEXO 11. Datos de humedad.....	106
	107
	108

## TABLA DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Variable o Estado del descriptor</b>
ABA	Ácido Abscísico
AFA	Agua Fácilmente Aprovechable
ANOVA	Análisis de Varianza
CE	Conductividad eléctrica
DCA	Diseño Completamente al Azar
ECA	Estándares de Calidad de Agua
EEA	Estación Experimental Agrícola
ETc	Evapotranspiración de cultivo
ETo	Evapotranspiración de referencia
EUA	Eficiencia de Uso de Agua
FAO	Food and Agriculture Organization
ha	Hectárea
IAC	Instituto Agronómico de Campinas
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agraria
Kc	Coefficiente de Cultivo
NHF	Número de Horas Frío
PE	Polietileno

<b>Abreviatura</b>	<b>Variable o Estado del descriptor</b>
PRD	<i>Partial Rootzone Drying</i>
PVC	Poli-Cloruro de Vinilo
RDC	Riego Deficitario Controlado
RWC	Relative Water Content (Contenido Relativo de Agua)
SPZR	Secado Parcial en la Zona de Raíces
T1	Tratamiento 1
T2	Tratamiento 2
Tn	Toneladas
VPD	Gradiente de Presión Parcial de Vapor de Agua

## RESUMEN

Ante la necesidad de mejorar la eficiencia de uso del recurso hídrico, en el presente trabajo se aplica una técnica de riego para disminuir los aportes hídricos con respecto a las necesidades de riego del cultivo del durazno, para ello se evaluó el efecto de la aplicación del Riego Deficitario de Secado Parcial en la Zona de Raíces (SPZR) mediante el rendimiento de la producción y se determinó el volumen de agua utilizado por el cultivo al aplicar el SPZR, el cual consistió en considerar una lámina de riego al 50% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) en los períodos fenológicos no críticos para el desarrollo de la producción.

El ensayo fue realizado en la parcela experimental con instalación de un sistema de riego por goteo, de la Facultad de Ingeniería Agrícola – UNALM, en 28 árboles o unidades experimentales de las variedades Canario y Florida 39, en las cuales se aplicaron dos tratamientos de riego: el SPZR, sólo en los períodos no críticos del desarrollo de frutos, y, el tratamiento de riego control, el cual consistió en una lámina de reposición al 100% de la ETc.

Respecto al volumen de agua consumido en el período de evaluación, la variedad Florida 39, tuvo un consumo de 498 m<sup>3</sup>/ha con el tratamiento SPZR (T1) y de 783,22 m<sup>3</sup>/ha con el tratamiento control (T2), obteniéndose así con T1 un ahorro de agua de riego de 36,35%, en el caso de la variedad Canario el volumen de agua de riego con el tratamiento SPZR (T1) fue de 683,11 m<sup>3</sup>/ha y con el tratamiento control (T2) fue de 990,81 m<sup>3</sup>/ha, consiguiéndose con T1 una reducción en 31,05% de agua de riego respecto a T2.

Los valores de producción tales como el rendimiento, peso medio, tamaño medio y cantidad de frutos entre los dos tratamientos de riego aplicados, SPZR y control, fueron estadísticamente similares entre sí, por lo que en este sentido no hubo efectos notablemente negativos de la aplicación del riego deficitario parcial sobre la producción. El rendimiento de la variedad Canario con T1 fue de 22,91 Kg/árbol y con T2 de 20,76 Kg/árbol; y en el

caso de la variedad Florida 39 con T1 se obtuvo 5,53 Kg/árbol y con T2 fue de 6,41 Kg/árbol.

La aplicación del tratamiento SPZR evidenció una mayor eficiencia de uso de agua (EUA) con respecto al tratamiento control en la variedad Canario, pues con T1 la EUA fue de 18,27 Kg/m<sup>3</sup> y con T2 fue de 10,99 Kg/m<sup>3</sup> (60% menor), habiendo una diferencia significativa estadísticamente. En la variedad Florida 39, la EUA también fue mayor en T1 con 4,4 Kg/m<sup>3</sup> respecto a T2 con 3,39 Kg/m<sup>3</sup>, aunque esta diferencia no fue significativa estadísticamente.

## SUMMARY

Given the need to improve the efficiency of water use, in this work a technique applied irrigation water intake to decrease with respect to the needs of the peach crop irrigation, for which the effect of the application of assessed Partial Rootzone Drying (PRD) by the production yield and the volume of water used by the crop to apply the PRD, which was to consider a sheet supply to 50% of evapotranspiration was determined crop (ETc) in non critical to the development of production phenological periods.

The trial was conducted at the experimental plot to install a drip irrigation system, Faculty of Agricultural Engineering – UNALM, on 28 trees or experimental units of the Canary and Florida 39 varieties, in which two irrigation treatments were applied: PRD (in non-critical development of fruit) and the irrigation control (which consisted of a sheet supply to 100% of the ETc).

Regarding the volume of water consumed in the evaluation period, the variety Florida 39, had a consumption of 498 m<sup>3</sup>/ha treatment PRD (T1) and 783,22 m<sup>3</sup>/ha in the control treatment (T2), T1 thus obtaining water saving irrigation of 36,35%, in the case of Canary variety volume of irrigation water with PRD (T1) was 683,11 m<sup>3</sup>/ha and control treatment (T2) was 990,81 m<sup>3</sup>/ha, T1 achieving a reduction in 31,05% of irrigation water compared to T2.

The production values such as performance, average weight, average size and quantity of fruit between the two irrigation treatments applied PRD and control were statistically similar, so there was no significantly negative effects of the application the PRD on production. Canario variety performance with T1 was 22,91 Kg/tree and T2 of 20,76 Kg/tree; and in the case of the Florida variety T1 5,53 Kg/tree was obtained and T2 was 6,41 Kg/tree.

PRD treatment application showed greater water use efficiency (WUE) compared to control treatment in the canary variety, as with the WUE T1 was 18,27 Kg/m<sup>3</sup> and T2 was 10,99 Kg/m<sup>3</sup> (60% less), having statistically significant difference. Florida 39 variety, the WUE was also higher in T1 with 4,4 Kg/m<sup>3</sup> compared to T2 with 3,39 Kg/m<sup>3</sup>, although this difference was not statistically significant.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Siendo la escasez del agua uno de problemas más significativos que se viene dando para la agricultura en los próximos años, para la prevención de situaciones de estrés hídrico y baja productividad se tiene la necesidad de incrementar la eficiencia y racionalización del recurso hídrico, mejorando así la productividad del agua, la cual se mide mediante la cantidad de producción que se obtiene por unidad de agua.

Ante esto el presente trabajo aplica una técnica de riego para disminuir los aportes hídricos con respecto a las necesidades de riego del cultivo de durazno en las variedades Canario y Florida 39, y compara la producción de la cosecha y cantidad de agua utilizada entre el tratamiento de riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (50 por ciento de la ETc) y un tratamiento control (riego al 100 por ciento de la ETc), el ensayo fue realizado en la parcela experimental de la Facultad de Ingeniería Agrícola – UNALM.

Proyectos de investigación realizados con esta técnica de riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR) en diversos frutales, especialmente en la uva de mesa, han demostrado que se puede tener ahorros de agua de hasta un 30 por ciento sin afectar la producción y calidad de la cosecha, teniendo incluso características mejoradas en la planta y producción.

Asimismo, la presente evaluación del SPZR aplicado en los duraznos en sus períodos fenológicos no críticos para el desarrollo del fruto, en general ha manifestado resultados favorables en cuanto a la eficiencia de uso de agua y el rendimiento de la cosecha.

El durazno es uno de los frutos más tecnificados e industrializados del mundo ya que se puede consumir en seco, conservas, jugos y mermeladas. En el Perú la exportación de duraznos, según datos de la SUNAT, en los últimos años ha

oscilado entre 12 y 95 Tn, mientras que las importaciones han crecido significativamente llegando a 1168 Tn en el 2012; así también según fuentes de FAO 2008 y Trade Map del Centro de Comercio Internacional, la producción y demanda internacional del durazno ha aumentado en los últimos años.

Siendo así, al minimizar el efecto del déficit hídrico mediante la aplicación de técnicas de riego que aumenten la productividad del agua (en condiciones tales que ello sea un factor para la rentabilidad del cultivo) y sumado a ello las buenas condiciones climáticas que se tiene para la producción de duraznos a gran escala y además su creciente demanda en el mercado nacional e internacional, se generan mejores condiciones para una mayor producción nacional de esta fruta.

## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto de la aplicación del riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR), mediante el riego por goteo en el cultivo del durazno.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el rendimiento del cultivo del durazno al aplicar el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR).
- Determinar la reducción del volumen de agua utilizado al aplicar el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR), con respecto al riego normal (con el 100 por ciento de la ETc).

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **CONCEPTOS GENERALES**

#### **2.1 ESTRÉS**

El concepto de estrés se ha dado bajo diferentes enfoques que han sido publicados por diferentes autores, siendo así, en la definición biofísica de estrés involucra una fuerza ejercida sobre un objeto en relación con el área sobre el cual se aplica, equivalente al concepto de presión (Tambussi, 2004). Por lo tanto, en el marco de la fisiología vegetal, el término estrés refleja la magnitud de presión ambiental que fuerza al cambio en la fisiología de una planta (Nilsen y Orcutt, 1996).

Otra definición del estrés menciona Lambers y col. (1998), que es cualquier factor ambiental biótico o abiótico que reduce la tasa de algún proceso fisiológico (por ejemplo, crecimiento o fotosíntesis) por debajo de la tasa máxima respecto de la que podría alcanzar.

##### **2.1.1 Estrés hídrico**

Existen variadas clasificaciones de los factores de estrés. En general, estos pueden ser clasificados en físicos, químicos y bióticos, siendo los dos primeros agrupados bajo el término de ‘estreses abióticos’. Entre los factores físicos se pueden mencionar el estrés hídrico que incluye dos tipos de estrés contrapuestos: por déficit o exceso de agua en el suelo (Tambussi, 2004).

### 2.1.2 Estrés hídrico en cultivos

Respecto a los cultivos, aunque ha sido señalado que el estrés por déficit hídrico no siempre es el factor central (Richards y col. 2001); está claro que el déficit hídrico es el principal factor abiótico que limita la distribución geográfica y el rendimiento de la mayoría de los cultivos (Araus y col. 2002a).

Clásicamente el comportamiento de las plantas frente al estrés hídrico ha sido clasificado en tres tipos: escape, evitación y tolerancia (Tambussi, 2004). En el primer caso, las plantas ajustan su fenología para cumplir su ciclo fuera de los períodos de déficit hídrico (Araus y col. 2002; Slafer y col. 1994). En el segundo caso, las plantas poseen mecanismos para evitar (o postergar) la deshidratación; una estrategia es aumentar la capacidad de absorción de agua gracias al incremento de la superficie radicular o disminución de la resistencia hidráulica siendo frecuente en plantas conocidas como ‘derrochadoras de agua’ ó ‘*water-spenders*’ (Nilsen y Orcutt, 1996); la estrategia inversa es la que adoptan las plantas ‘ahorradoras’, que minimizan las pérdidas de agua por diversas vías, tales como el cierre estomático y la disminución de la transpiración cuticular; dentro de esta misma estrategia conservadora podrían incluirse las plantas que producen menos biomasa aérea al sufrir déficit hídrico, aumentando por ende la proporción relativa de masa radicular (Tambussi, 2004).

Tambussi (2004) menciona que diversos y numerosos procesos de la planta pueden ser alterados por el estrés hídrico, entre estos se tienen:

- Inhibición del crecimiento: uno de los primeros efectos del déficit hídrico sobre los vegetales es la inhibición de la elongación celular y por ende, del crecimiento. Es bastante conocido que el crecimiento de la raíz es menos sensible que el crecimiento de la parte aérea, lo que conduce a un aumento de la relación parte aérea / raíz (Mullet y Whitssit, 1996).
- Cierre estomático: El cierre estomático (y la consecuente disminución de la conductancia) es uno de los efectos del estrés hídrico más ampliamente

conocido. El fenómeno está vinculado al aumento de los niveles xilemáticos (o cambios en la compartimentalización) del ácido abscísico (*ABA*), aunque la intensidad de la respuesta puede ser modulada por otros factores tales como el gradiente de presión parcial de vapor de agua (*VPD*) de forma aún no del todo esclarecida (Simonneau y Tardieu, 1998; Tardieu, 1997). Es un hecho conocido que el cierre estomático puede inducirse aún antes de cualquier cambio detectable en el potencial hídrico y el contenido relativo de agua (*RWC*) de las hojas, y actualmente se acepta la existencia de una señal proveniente de las raíces (Flexas y Medrano, 2002). La señal que hipotéticamente provendría de las raíces ha sido asociada con el *ABA*, aunque el mecanismo exacto del proceso parece ser complejo y no ha sido esclarecido aún (Davies y Gowing, 1999). El resultado obvio del cierre estomático es la disminución de la tasa transpiratoria y por ende, del agua consumida por la planta (Tambussi, 2004).

El mecanismo de resistencia a nivel fisiológico es el cierre de estomas, ya que estos son los responsables de la mayor proporción de pérdida de agua en las plantas. El proceso de cierre de los estomas, cuando el mesófilo comienza a sufrir deshidratación, está regulado por el ácido abscísico (*ABA*), (Leung y Giraudat, 1998).

## **2.2 SEQUÍA**

El término 'sequía' denota en muchos casos esta interacción entre baja disponibilidad hídrica, alta temperatura y alta irradiancia (Tambussi, 2004). Sequía es un concepto de tipo meteorológico más que fisiológico, ya que se refiere a un período en el cual las precipitaciones no compensan el agua perdida por evapotranspiración (Passioura, 1996).

## **2.3 CULTIVO DEL DURAZNO**

El durazno pertenece a la familia de las Rosáceas, y, dentro de ellas y según la clasificación más comúnmente aceptada, al género *Prunus* y a la especie *persica*. El nombre científico es *Prunus persica* (Cambra, 1985).

En cuanto a la descripción botánica, las raíces del árbol del durazno están muy ramificadas y tienen un típico color anaranjado, con lenticelas muy evidentes; posee una raíz principal larga que al principio se ramifica poco, tratando de profundizar en busca de agua y que sirva de anclaje a la planta, posteriormente se desarrolla el sistema radicular secundario el cual termina en finas raicillas, estando la mayor cantidad de ellas entre los 30 y 60 cm de profundidad (Rodríguez, 1969). Respecto a la parte aérea, se trata de un árbol caducifolio de porte pequeño, que puede alcanzar los 6-8 m de altura. El cultivo del durazno es una especie basítona, es decir que un ramo vertical dejado vegetar libremente produce brotes más vigorosos en la base y progresivamente menos vigorosos hacia el ápice. Las yemas pueden ser de madera o de flor, las primeras se distinguen sobre todo por su forma cónica y menores dimensiones formadas por 8-10 pérulas revestidas por una tomentosidad blanquecina; mientras que las yemas de flor son globosas, de mayor tamaño, formadas por 10-12 pérulas mucho más tomentosas y se localizan en la madera de un año (Fideghelli, 1986). Las flores por lo general son solitarias o en grupos de dos o cuatro. En cuanto a la polinización, es una especie autocompatible, autógena, no alternante. El fruto es una drupa de gran tamaño, entre 40-80 mm (pericarpio membranoso, mesocarpio muy carnoso, endocarpio leñoso), de forma más o menos globosa, con una línea de sutura y una cavidad alrededor del pedúnculo (Abrisqueta, 2010). Posee una epidermis delgada, lisa o pubescente, de color verde amarillenta, rojiza o púrpura. La pulpa carnosa o mesocarpio puede ser de color blanca, amarilla o rojiza, es succulenta, dulce y perfumada; y del tipo adherida o no a la semilla o hueso (carozo), dependiendo de la variedad. El endocarpio, de hueso o carozo contiene una semilla (Alvarado et al, 1999).

La multiplicación de forma vegetativa se realiza mayoritariamente mediante injerto de yema (Abrisqueta, 2010).

El cultivo muestra un comportamiento fenológico característico de los caducifolios con dos etapas bien definidas: la época de actividad vegetativa y la de dormancia o reposo; en donde se distinguen claramente las fases de caída de hojas y desnudamiento, con respecto a la del hinchamiento de yemas, formación de cálices, punta rosada, floración, caída de pétalos, formación, desarrollo y madurez del fruto

(Alvarado et al, 1999). Este frutal de hueso, también denominado de carozo, sigue una curva (doble sigmoidal) de crecimiento que se divide en tres fases de clara diferenciación especialmente en las variedades tardías. La fase I se extiende desde plena flor hasta el inicio del endurecimiento del carozo. En esta etapa crece rápidamente, producto de una activa división celular alcanzando, según la variedad, entre un 35 y un 45 por ciento de su tamaño final. Durante la fase II, o período de endurecimiento del carozo y desarrollo del embrión, el crecimiento del fruto es muy lento. Por último, durante la fase III, que abarca desde el término del endurecimiento del carozo hasta la maduración del fruto, el crecimiento de nuevo se acelera a causa, principalmente de la elongación celular, además disminuye la firmeza de la pulpa debido a que la pared celular se hace más delgada, el color de fondo cambia y los sólidos solubles aumentan (Richards y Rowe, 1977).

El durazno es un cultivo que requiere inviernos fríos y lluviosos, con primaveras secas, libre de lluvias y neblinas, veranos secos y calurosos, y otoño templado y fresco. Al ser un frutal caducifolio, la necesidad de acumular horas de frío invernal o unidades de frío para romper la dormancia de las yemas y brotar en forma satisfactoria limita el cultivo comercial de esta especie (Gratacós, 2006).

El programa de mejoramiento de la fruta de hueso de Florida (EEUU) comenzó en 1952 bajo la dirección del Dr. Sharpe, el objetivo del programa era de aprovechar el clima de Florida (de tipo subtropical) para proporcionar principios de maduración temprana y de alta calidad de fruta al mercado, consiguiéndose así el desarrollo del frutal de hueso con bajo requerimiento de unidades de frío y de maduración temprana, de tal manera que se podía ofrecer duraznos al mercado antes que otros estados con variedades de maduración tardía. La universidad de Florida desarrolló variedades americanas de bajo requerimiento de unidades de frío (100-150), muy tempranas llegando a tener un período de desarrollo de fruto (desde la floración) de hasta 80 días, teniendo las características de ser frutos de carne amarilla y con un gran porcentaje de superficie coloreada, lográndose distribuir en más de 30 países de clima subtropical para su producción comercial. La primera variedad “Sunred” dio inicio a la industria y desarrollo de las variedades modernas de bajo requerimiento de frío (Olmstead et al, 1995; Sherman et al, 1996).

En 1982 el Instituto Agronómico de Campinas (Brasil) generó la variedad del duraznero Canario (IAC R-77), el cual presenta bajos requerimientos de unidades de frío y tiene una necesidad de 41 a 50 número de horas frío (NHF)  $< 7,2$  °C (Pedro et al., 2007), es característico de alta productividad y excelentes cualidades organolépticas, posee pulpa amarilla y adherido al carozo, el propósito de su origen fue para consumo en fresco (Ojima et al., 1982). En cuanto a la clasificación de los cultivares según el ciclo de maduración del fruto están definidas como: precoces, medianas y tardías; estableciéndose la variedad Canario como medianamente precoz, con un período de floración-maduración de 121 a 150 días, dependiendo de las variaciones térmicas ocurridas en el ambiente durante el proceso de fructificación (Barbosa et al, 1990).

Según el Programa Nacional de Investigación de Fruticultura – INIA (1993), desde el año 1928, el departamento de Horticultura de la Estación Experimental Agraria de La Molina, inició las primeras introducciones de material vegetativo especialmente de los EEUU, sin embargo hasta el año 1965 estas variedades de alto requerimiento en frío, no prosperaron especialmente en la Costa Central del país. Con la introducción de patrones resistentes a nematodos, en especial del melocotonero Okinawa procedente de Florida, y, de las variedades de bajo requerimiento en frío, se iniciaron las nuevas colecciones de variedades, siendo una de ellas la “Colección Sharp de Florida” (de la cual se presume que deriva la variedad Florida 39, pues según el INIA no existe un registro de la variedad que se usó de dicha colección para el mejoramiento genético y obtención del cv Florida 39). La Colección Sharp se caracteriza por su bajo requerimiento en frío, entre 100 a 200 horas de frío/año, según la variedad, que se ajusta bastante a nuestras condiciones ecológicas. Al año 1993, el Programa Nacional de Investigación de Fruticultura realizó experimentos de mejoramiento genético con las colecciones mencionadas, en la Estación Experimental Agrícola (EEA) “La Molina”, dando como resultado por calidad de fruta la selección de los cv: “Florida 39 (Amarillo La Molina)”, “Flordabell”, “Canario de Brasil”, “Uincate de Tacna”, “Flordasun”, “Amarillo Moqueguano” y “Yaki”. En dichos estudios, se determinó las características agronómicas de los cultivares utilizados en la presente investigación:

### **Florida 39**

Sinonimia	:	Amarillo La Molina
Origen	:	Universidad de Florida, USA.
Época de producción	:	Diciembre - Febrero
Rendimiento	:	16 Tn/ha
Zonas de adaptación	:	Costa central, Sur y Sierra Media
Cualidades	:	Árbol vigoroso de adaptación muy rápida.

#### Características del fruto

Color de piel	:	Amarillo con rojo ligero
Tipo de pulpa	:	Amarillo
Tamaño	:	Mediano
Forma	:	Redonda
Peso	:	100 gr

### **Canario**

Origen	:	Instituto Agronómico de Campinas, Brasil.
Rendimiento	:	19,5 Tn/ha
Zonas de adaptación	:	Costa central y Sur
Cualidades	:	Muy precoz en condiciones de clima subtropical

#### Características del fruto

Color de piel	:	Amarillo
Tipo de pulpa	:	Amarillo
Tamaño	:	Mediano
Forma	:	Redondeada

Según la EEA Huancayo (INIA), actualmente se vienen realizando estudios en el cultivar Florida 39 el cual tiene el mayor rendimiento en dicha región sobrepasando incluso a la variedad Huayco. Según los registros obtenidos de dicho centro experimental, para un árbol de tres años de edad la producción es en promedio de

10 Kg/planta, además, el período floración – maduración registrado es de 5 meses, siendo la floración de 45 días en promedio, según las condiciones climáticas.

Respecto a la producción mundial del durazno, la FAO (2008) indica que es el cuarto frutal producido en el mundo con 17 500 miles t; mientras que la producción nacional, según fuentes de Sunat y el Ministerio de Agricultura las exportaciones de durazno fresco han tenido un comportamiento irregular desde el año 2008 (con 12 Tn), presentando su punto más bajo en el año 2012 con una exportación de 122 Kg, mientras que en el año 2013 se tuvo un volumen comercializado de 95,5 Tn.

## **2.4 NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO**

La mayor parte del agua consumida por una plantación de duraznos, como ocurre en las plantaciones de frutales en general, resulta de la combinación de dos procesos: evaporación a la atmósfera a través del proceso de transpiración, y evaporación directamente desde la superficie del suelo. Desde este punto de vista, se considera la plantación formada por los árboles y la superficie del suelo, que puede estar desnuda o cubierta de hierba, ocurriendo los procesos de transpiración y evaporación simultáneamente por lo que se engloban en el término evapotranspiración (Campbell y Willianson, 1997; Cohen et al., 1997; Faci y Martinez-Cob, 1993; Fereres, 1978; Gill et al., 1996).

La medida directa de la evapotranspiración para el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo incluye la pesada del sistema suelo – planta, sin embargo, debido al alto costo de los lisímetros y a la laboriosidad de su montaje y mantenimiento, se han desarrollado otras técnicas de medida indirecta, que estiman las necesidades de riego mediante diversas aproximaciones basadas en: variables agrometeorológicas (atmósfera), balance hídrico o índices del estado hídrico en el suelo o planta (Abrisqueta, 2010).

Los procedimientos de programación de riego se pueden basar en: estimas de la evapotranspiración de los cultivos (Allen et al., 1998), en medidas del estado hídrico de las plantas (Conejero et al., 2007; García-Orellana et al., 2007;

Goldhamer y Fereres, 2001), o en medidas de la humedad del suelo (Hanson et al., 2000).

El conocimiento de la evapotranspiración de los cultivos (ETc) es esencial para un manejo eficiente del riego ajustando el volumen y la frecuencia del riego a los requerimientos de los cultivos. Existen diversos métodos tanto para medir como para estimar la ETc, dada la dificultad de obtener mediciones directas y exactas en condiciones reales. La FAO 56, propone un doble paso de estimación, calculando primero la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) y considerando luego la especificidad del cultivo a través de un coeficiente de cultivo (Kc) según los períodos de desarrollo de la planta (Allen et al., 1998).

En relación a la mejora de la eficiencia de la programación de los riegos, hay que destacar que el conocimiento de la fenología del cultivo es muy importante, desde el punto de vista del manejo del cultivo, tanto del ajuste de sus necesidades de agua, fertilizantes y otros agroquímicos, como de la determinación de los periodos críticos al déficit de riego (Torrecillas et al., 2000). La delimitación de las fases de crecimiento vegetativo y del fruto, así como la competencia entre el crecimiento de la parte aérea y de las raíces resulta de interés a fin de comprobar los procesos afectados ante situaciones de déficit hídrico (Chalmers, 1989).

León et al. (1987) establecen que las necesidades de agua de melocotonero, para un marco de plantación de 5 x 3,5m, en condiciones de riego localizado oscilan entre 5000 y 6800 m<sup>3</sup>/ha para variedades tempranas y entre 5300 y 7100 m<sup>3</sup>/ha para variedades tardías, para las condiciones edafoclimáticas de la región de Murcia. Según Abrisqueta (2010), la evapotranspiración de referencia (ETo) calculada mediante Penman-Monteith en la finca experimental ubicada en Murcia fue de 1362,2 mm/año promedio de los años 2007, 2008 y 2009, siendo el valor máximo en julio con 194,2 mm mensual (6,5 mm/día) y el valor mínimo en diciembre con 44,8 mm mensual (1,5 mm/día).

Según Escobedo (1995), las necesidades hídricas de los frutales caducifolios para árboles adultos en producción, se ubican de manera general y en promedio entre 4500 y 6500 m<sup>3</sup>/ha/año.

Según el centro experimental La Molina del INIA (consultado con la ing. Elena Rojas) el consumo de agua para riego de árboles de durazno, de 8 años de edad en promedio, por el sistema de microtubos es en promedio 1 800 m<sup>3</sup>/ha.añual para las condiciones climáticas de La Molina; asimismo datos obtenidos por otras experiencias en producción comercial de durazno en el distrito de Pamparomas, provincia de Huaylash, región Ancash (2200 msnm, en condiciones de evapotranspiración de 3 a 5 mm/día) en árboles de 8 años de edad, mediante el riego por microtubos indican un consumo promedio de 3800 m<sup>3</sup>/ha.campaña.

## **2.5 EFICIENCIA DE USO DE AGUA (EUA)**

La eficiencia de uso de agua es generalmente definida como la cantidad total de biomasa producida o acumulada por unidad de agua usada por la planta durante un período de tiempo (Fageria et al., 2006; Jovanovic et al., 2010; Liu et al., 2006a).

Cuando se pretende enfocar el empleo del agua por un componente meramente productivo y económico, se recurre a sustituir la biomasa por el rendimiento en Kg de producto por m<sup>3</sup> de agua utilizada (Fernandez y Camacho, 2005).

$$\text{EUA o Productividad del agua} = \text{Producción (Kg)/Agua utilizada (m}^3\text{)}$$

En términos biológicos, la eficiencia de uso de agua, según Sinclair et al. (1984), está definida como la relación entre la biomasa acumulada, expresada como asimilación de dióxido de carbono, biomasa total del cultivo o como el rendimiento de grano de cultivo, con respecto al consumo de agua expresado como transpiración, evapotranspiración o como el total de agua que ingresó al sistema; además afirma que el tiempo en el que se define la eficiencia de uso de agua puede ser instantáneo, diario o estacional.

## **2.6 RIEGO DEFICITARIO**

Estrategias de riego deficitario capaces de reducir el agua aplicada con el mínimo impacto posible sobre la producción, toman una especial relevancia en su estudio (M. Sánchez y A. Torrecillas, 1995). En ese sentido, Hargreaves y Samani (1984) señalan que los riegos deficitarios pueden proporcionar unos retornos económicos por unidad de superficie, mayores que los obtenidos con riegos para máximas producciones.

Siendo así, la técnica de riego deficitario de alta frecuencia consiste en regar todo el ciclo por debajo de la demanda del cultivo pero utilizando una frecuencia de aportes lo suficientemente alta como para evitar la aparición de situaciones de estrés trascendentes. En ese sentido, los primeros trabajos realizados en distintos cultivos herbáceos consiguieron apreciables reducciones de agua sin mermas en la producción. Si bien el riego deficitario de alta frecuencia puede constituir una clara alternativa ante determinadas circunstancias, no es menos cierto que presenta lagunas importantes, como no considerar que el déficit hídrico puede resultar más o menos trascendente en función del momento fenológico. Por estas razones, en los últimos años han adquirido una especial relevancia enfoques más fisiológicos del problema, prestando una especial atención tanto a la fenología del cultivo como a su capacidad para resistir situaciones de déficit hídrico, de esta manera surge lo que ha venido en llamarse riego deficitario controlado (RDC), (M. Sánchez y A. Torrecillas, 1995).

### **2.6.1 RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)**

Un paso adelante en la mejora de la eficiencia del uso del agua fue la aplicación de la técnica de Riego Deficitario Controlado (RDC), que desde finales de la década de los 80 se vienen aplicando a diversos frutales, entre ellos el durazno, en la que el déficit hídrico se hacen coincidir con determinados períodos fenológicos. El RDC es una alternativa en situaciones de limitada disponibilidad de agua para el riego que trata de adecuar los aportes hídricos al comportamiento fisiológico del árbol, y se basa en reducir las dosis de agua a aplicar en momentos o períodos fenológicos

en los que el déficit hídrico no afecta (o afecta menos) a la producción final, aplicando el 100 por ciento de las necesidades hídricas en los períodos críticos, que en el caso de frutales y en concreto el durazno, coincide con la fase III de rápido crecimiento del fruto (Chalmers et al., 1981).

El cultivo del durazno ha sido utilizado como planta modelo en diversos ensayos de RDC debido posiblemente al hecho de poseer dos características de antemano ventajosas en la aplicación de estas técnicas de riego, como son la clara diferenciación de las tres fases de crecimiento del fruto, especialmente en las variedades tardías (Connors, 1919; Chalmers y van den Ende, 1975; DeJong et al., 1987) y una clara separación de los procesos de crecimiento vegetativo y del fruto, precediendo en el tiempo la fase de rápido crecimiento de las ramas a la del fruto (Chalmers et al., 1981).

El crecimiento del melocotón, al igual que el de otras drupas, corresponde al de una doble sigmoide con tres fases bien diferenciadas. La fase I es una fase de activa división celular, incluye también el primer período de rápido crecimiento en el que el volumen del endocarpio es el que más se ve incrementado. A pesar de lo trascendente de esta fase, hay que señalar, que coincide con un período de bajos requerimientos hídricos y ligeras precipitaciones pueden aliviar cualquier tipo de déficit, por lo que la sensibilidad al déficit hídrico no es clara. Durante la fase II el fruto crece exteriormente de forma muy lenta, teniendo lugar los procesos de endurecimiento del hueso, por esto parece ser una fase de baja sensibilidad al déficit hídrico (Chalmers et al., 1981). La fase III corresponde al segundo período de rápido crecimiento, básicamente debido a un engrosamiento de las células del mesocarpio. Al igual que en otros frutos con alto contenido hídrico, es la fase crítica más sensible al déficit hídrico por su efecto en el peso y tamaño final (Chalmers et al., 1981; Li et al., 1989).

En todas las variedades de durazno el crecimiento vegetativo tiene lugar durante los tres primeros meses del ciclo, aunque en variedades tempranas se puede apreciar un segundo crecimiento después de la cosecha. De esta forma, el crecimiento vegetativo activo coincide con las fases I y II de crecimiento del fruto (que suponen

en variedades tardías tan sólo el 2 por ciento de su volumen final), (Chalmers et al., 1984).

Esta separación en el tiempo de los procesos de rápido crecimiento del fruto (fase III) y de las ramas (crecimiento vegetativo) permite aplicar déficits hídricos de forma que la reducción del riego durante la brotación y desarrollo de las ramas limitaría este proceso, pudiéndose atender las necesidades de la planta durante el crecimiento del fruto, sin limitar el tamaño final del mismo (Abrisqueta, 2010).

Los primeros resultados obtenidos en el cultivo de durazno bajo RDC se realizaron por los investigadores australianos, quienes consiguieron ahorros de agua en torno al 30 por ciento con reducciones de riego en las fases I y II del crecimiento del fruto y riego al 100 por ciento de las necesidades hídricas en la fase III (Chalmers et al., 1981, 1984; Mitchell y Chalmers, 1982).

## **2.6.2 RIEGO DEFICITARIO DE SECADO PARCIAL DE LA ZONA DE RAÍCES (SPZR)**

Con la finalidad de no reducir el rendimiento de la producción de los cultivos, al aplicar el déficit hídrico con el fin del ahorro de agua de riego, otra técnica de riego deficitario planteada recientemente es el denominado riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces, más conocido como PRD (de las siglas en inglés de *Partial Rootzone Drying*). Se trata de una técnica de riego localizado, desarrollada en Australia, que ha permitido importantes ahorros de agua sin pérdidas en el rendimiento y calidad de la cosecha (Loveys et al., 1997 y 1998).

El SPZR se trata de una técnica de riego deficitario en donde una parte del sistema radical permanece húmedo, con lo que se asegura un aporte hídrico suficiente para mantener el vigor de la parte aérea, mientras que otra zona del sistema radical permanece seca, con lo que se liberan señales bioquímicas que son transportadas vía xilema a las hojas, que una vez en la parte aérea regulan la apertura de estomas y limitan las pérdidas de agua vía transpiración (Davies et al., 1994; Zhang y Davies, 1991). Para mantener la reducción en la apertura de los estomas se necesita

una señal continua desde el sistema radical que se obtiene por medio de la alternancia en las zonas “seca” y “húmeda” de las raíces (Stoll et al., 2000), por lo que es preciso disponer una doble lateral de goteros para regar en estas condiciones. La frecuencia del cambio de riego de un lado de la raíz al otro depende del cultivo, de la etapa de crecimiento y del balance hídrico del suelo (Jovanovic et al, 2010).

El SPZR se basa en el papel que las fitohormonas pueden jugar en el control de las pérdidas de agua vía transpiración (Dry et al., 2000 a, b). Existen evidencias de que las raíces responden ante la disminución del potencial hídrico del suelo enviando señales de tipo químico al tallo, tales como el ácido abscísico (ABA), que promueven el cierre estomático. El SPZR trata de separar la respuesta bioquímica de la planta al estrés hídrico (aprovechando sus efectos beneficiosos) de los efectos adversos de la falta de agua (Davies et al., 1994; Zhang y Davies, 1991).

Investigando los cambios fisiológicos que ocurren en la planta sometida a estrés hídrico, se observó un aumento del ácido abscísico (ABA) producido en las raíces y transportado por la corriente de savia hasta las hojas. Esta es la primera señal que emite la planta para defenderse de la pérdida de agua cuando su nivel en el suelo se sitúa por debajo de un determinado umbral (Loveys et al., 2000).

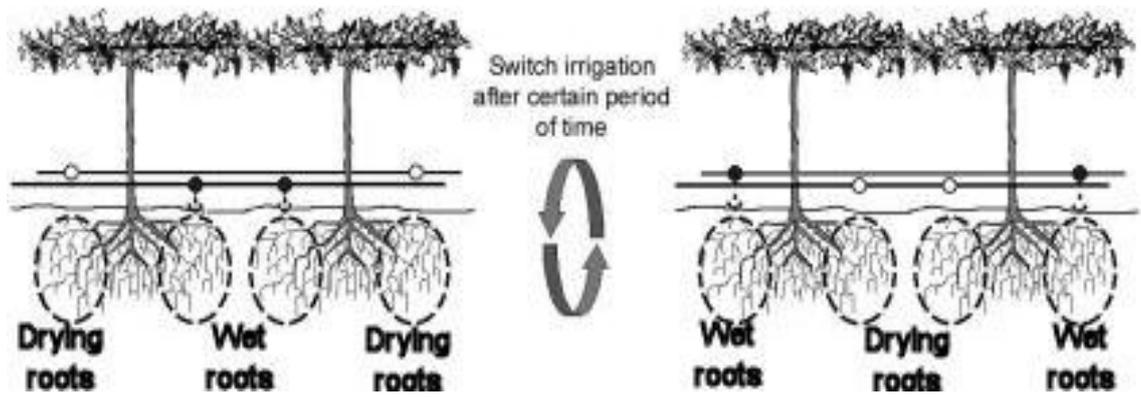
Este tipo de riego induce la emisión de raíces secundarias y por consiguiente disminuye la sensibilidad de la raíz a la sequía (Zhang y Tardieu, 1996). Un sistema radicular más uniformemente distribuido en el suelo como resultado de la alternancia seco y húmedo puede conllevar a un mejor uso de nutrientes y agua en toda la zona radicular (Kang et al., 1998).

Son dos fundamentos teóricos en los que se basa el SPZR: 1) normalmente las plantas con un buen régimen de riego mantienen sus estomas extensamente abiertos, en los que una pequeña reducción de su apertura puede reducir sustancialmente la pérdida de agua con un efecto mínimo en la fotosíntesis (Jones, 1992) y 2) cuando una parte del sistema radicular es expuesto al suelo seco, la planta responde enviando señales desde la raíz hacia las hojas para cerrar los estomas y reducir la pérdida de agua (Davies y Zhang, 1991). Kang y Zhang (2004), analizando si estos mecanismos pueden ser utilizados para incrementar la

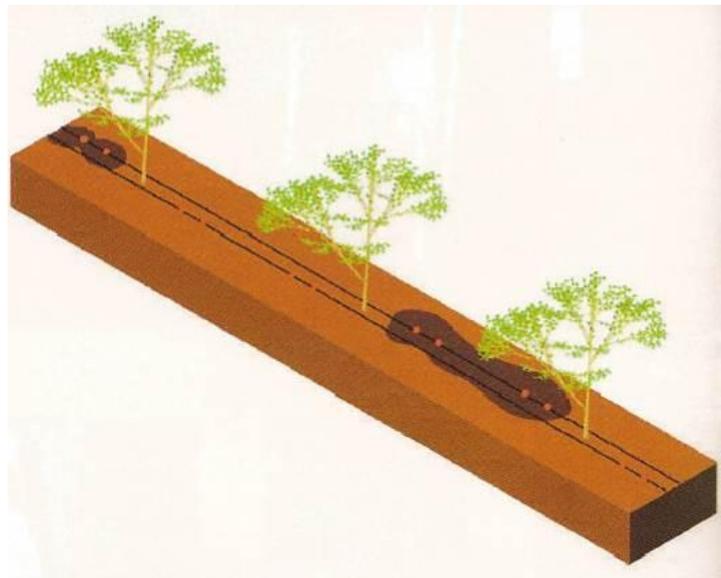
eficiencia en el uso del agua (EUA), mencionan que típicamente la tasa de fotosíntesis de las plantas muestra saturación en respuesta a la apertura de los estomas, mientras que la tasa de transpiración muestra una respuesta más lineal; de acuerdo a esto, al reducir la elevada apertura estomatal, se espera que la pérdida de agua se reduzca sustancialmente con un pequeño efecto en la tasa de fotosíntesis, si se logra esto en la práctica, la EUA calculada en función al carbono ganado por unidad de agua perdida se incrementará a un mínimo costo de CO<sub>2</sub> tomado.

Según Davies et al. (2002), el objetivo de alternar el riego es promover señales químicas para la producción de ácido abscísico (ABA) que es una hormona reguladora de la conductancia estomática, dichas señales químicas provienen de las raíces del lado seco, con lo cual se reducen la conductancia estomática, la transpiración y el crecimiento de brotes, mientras se mantiene el suministro de agua al cultivo desde las raíces en la fracción de suelo húmedo, lo cual evita severos daños por déficit hídrico. Sin embargo, Schachtman y Goodger (2008) afirman que la presencia de señales químicas en la savia del xilema es aceptada, pero que la identidad de dichas señales es aún controversial, en otras palabras, cuando el SPZR se aplica a un cultivo, posiblemente el sistema radicular en el sector seco, envía señales hacia otros órganos de la planta para la producción de ABA, pero aún no se sabe con certeza que dichas señales sean proporcionadas desde la raíz. Además mencionan que aún no se sabe con precisión dónde se sintetiza el ABA.

Taiz (2002) menciona que la conductancia estomática de la planta está más relacionada con el estado hídrico del suelo, que con el estado hídrico de la hoja y la única parte de la planta que puede estar directamente afectada por el estado hídrico del suelo es el sistema radicular. Afirma, además, que con experiencias hechas en maíz, la deshidratación de sólo una parte del sistema radicular puede causar el cierre estomático, así sea que la otra porción de raíz esté bien regada. De ahí que él acepta la posibilidad de que las raíces sean las que envíen las señales químicas.



**Figura 1.** Perfil de la zona de raíces, lado seco y húmedo, durante la alternancia de riego.



**Figura 2:** Diseño del tratamiento de riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR). Instalación de doble lateral portagoteros para el humedecimiento de sólo una parte del sistema radical de forma alternante. Alarcón et al, 2006.

### **2.6.2.1 RIEGO DEFICITARIO DE SECADO PARCIAL DE LA ZONA DE RAÍCES (SPZR) EN FRUTALES**

En los primeros ensayos realizados con vid, se observó que la respuesta de la parte de las raíces sometida a estrés hídrico, era transitoria y que, al cabo de un tiempo, variable sobre todo en función del tipo de suelo, dejaba de producirse. Posteriormente, continuando con los ensayos, se observó que sometiendo las zonas

radiculares a tratamientos alternativos de humedad y sequía, se obviaba el problema y la generación de ABA era continua (Dry et al., 1996; Dry y Loveys, 1998).

Esta metodología ha sido utilizada con éxito especialmente en uva de mesa, donde se han descrito mejoras en la eficiencia del uso del agua entre un 26 por ciento y un 86 por ciento dependiendo de la variedad seleccionada, sin pérdida en la calidad de la uva, debido al papel de las señales químicas que no sólo regulan la transpiración, sino que también potencian procesos como ajuste osmótico que incrementa la cantidad de azúcares y sólidos solubles tanto en las hojas como en los frutos (Dry et al., 1998, 1999)

Dry et al. (2001), estudiando la técnica del SPZR en las variedades de vid Syrah, Cabernet, Sauvignon y Riesling, no encontraron diferencias en cuanto a cosecha obtenida por hectárea entre el tratamiento testigo y el SPZR, a pesar de haber empleado en el SPZR el 50 por ciento del volumen de agua usada en el testigo. Como consecuencia, el uso eficiente del agua expresado como kilos de uva obtenidos por m<sup>3</sup> de agua empleada en el riego, fue el doble en los tratamientos SPZR. En ese mismo ensayo, los autores señalan que no encontraron diferencias en cuanto a tamaño de bayas. Estos resultados contrastan con los obtenidos en otros ensayos de riego, donde es normal encontrar disminución en el tamaño de las bayas en respuesta a una reducción significativa en el volumen de agua aplicado, especialmente si el déficit se ha producido entre cuajado y envero, momento en que las bayas son más sensibles al estrés hídrico por encontrarse en la fase de multiplicación celular.

En uva Tempranillo, Intrigliolo y Castel (2006a) indican que el riego deficitario de Secado Parcial en la Zona de Raíces no produjo diferencias ni en el crecimiento vegetativo ni en la producción, ni calidad del vino a igualdad de agua de riego aplicada. Por lo que parece que es la cantidad y no la forma de aplicarla la que afecta el comportamiento de las viñas, confirmando las conclusiones de Marsal et al. (2008), quienes indican que el riego deficitario de Secado Parcial en la Zona de Raíces es menos efectivo en suelos profundos que en suelos arenosos donde los ciclos de secado se manejan más fácilmente.

Otros estudios en vid que compararon el riego deficitario parcial de la zona de raíces con el riego deficitario controlado aplicando las mismas cantidades de agua mostraron que es el riego parcial el que muestra ventajas con incrementos significativos en el rendimiento y en la eficiencia de uso de agua, además de la calidad del fruto (Dry et al., 2000; La Hera et al., 2007; Marsal et al., 2008; Poni et al., 2007). Mientras que otros estudios en uva no mostraron diferencias significativas entre dichas técnicas de riego (Collins et al., 2008; Dos Santos et al., 2003; Gu et al., 2004). Sin embargo, estos autores coinciden en que la respuesta de este cultivo dependerá de la variedad, de los factores medio ambientales, de la metodología seguida para aplicar la técnica y del manejo.

En árboles de manzano la eficiencia de uso de agua de riego fue significativamente mejorada bajo un riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces, con relación a aquellos bajo un riego normal (testigo) sin efectos negativos en el rendimiento y en la calidad del fruto (Zegbe et al., 2007). Así también, en un segundo estudio de Zegbe (2009) se menciona que la productividad del agua se incrementó en 59 por ciento y se ahorró 50 por ciento del agua con el riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces; además, no influyó negativamente en el rendimiento; pero redujo el crecimiento del árbol en términos de longitud de brote y madera podada. La calidad del fruto, en términos de tamaño de fruto, firmeza, concentración de sólidos solubles totales y concentración de materia seca de los frutos, fue similar entre tratamientos a la cosecha y 18 días después en almacenamiento. Los frutos expuestos al riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces tendieron a incrementar la pérdida de peso, lo cual merece mayor atención. Finalmente, concluyeron que el riego de secado parcial de la zona de raíces es una técnica potencialmente útil para la producción sustentable del manzano en el centro y norte de México, donde el agua ya es una limitante para la producción de éste y otros cultivos de importancia socioeconómica.

Leib et al. (2004) mostraron que el riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces en los árboles de durazno, redujo en 45 por ciento la cantidad total de agua para riego frente a una reducción de 35 por ciento con un riego deficitario, teniendo mínimas reducciones en el rendimiento y en el tamaño del fruto.

En mango, Spreer et al. (2009) hicieron estudios en Tailandia que mostraron que en años secos se obtuvieron mayores rendimientos con el riego deficitario parcial que con el riego deficitario controlado, además de que el riego parcial favoreció el tamaño de los frutos.

#### **2.6.2.2 RIEGO DEFICITARIO DE SECADO PARCIAL DE LA ZONA DE RAÍCES (SPZR) EN EL CULTIVO DEL DURAZNO**

Con el cultivo del durazno no se encontraron diferencias significativas con respecto al rendimiento y calidad de fruto entre el riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces y el riego deficitario controlado (Goldhamer, 2002).

Según Alarcon et al. (2006), los diferentes tratamientos: riego deficitario controlado (RDC) y riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces (SPZR), aplicados en un ensayo en cultivos de duraznos tempraneros no tuvieron efectos significativos sobre la producción total obtenida, con respecto a lo obtenido con el tratamiento control o riego normal (reposición de la ETc al 100 por ciento). Por lo que se concluyó que todos los tratamientos deficitarios supusieron una mejora en la eficiencia en el uso del agua, siendo el RDC el que ofreció valores de eficiencia más elevados (cerca al 60 por ciento) que el SPZR sin reducciones significativas de la producción, hay que considerar que el RDC obtuvo una producción de 34 Kg/árbol habiéndose restringido el riego hasta el 25 por ciento de la ETc salvo en el período fenológico crítico (segunda fase de rápido crecimiento del fruto) donde se regó al 100 por ciento de la ETc, mientras que el SPZR obtuvo una producción de 30 Kg/árbol con aplicaciones de riego alternas entre la parte izquierda y derecha del sistema radical cada vez que el potencial matricial del agua en el suelo de la zona seca alcanzaba valores inferiores a -50 kPa durante un período de una semana. En este mismo estudio se menciona que los diferentes tratamientos deficitarios redujeron de forma significativa el crecimiento vegetativo, siendo similares en todos los tratamientos deficitarios considerados.

Según el estudio de Abrisqueta (2010), en riegos deficitarios incluyendo el SPZR, la producción fue significativamente menor que en el tratamiento control durante los tres años de ensayo, asimismo menciona que el déficit hídrico acumulado

provocó en los tratamientos de riego deficitario un menor crecimiento vegetativo que se tradujo en árboles de menor tamaño lo que limitó la producción con respecto a los árboles sobre-regados del tratamiento control. Además los tratamientos deficitarios indujeron un menor porcentaje de frutos (26 por ciento) de calibre comercial A y B (diámetros entre 61 y 73 mm) que en los tratamientos control y de riego automático (50 por ciento).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

##### **3.1.1 Ubicación**

La investigación experimental se realizó en una parcela demostrativa de 50 m x 40 m con plantaciones de duraznos, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), dicha parcela está ubicada dentro de los límites de la UNALM, la cual se encuentra a 238 msnm, latitud Sur 12° 05' y Longitud Oeste 77° 00'.



**Figura 3: Vista de la parcela experimental de duraznos.**



### 3.1.2 Clima y meteorología

El área de estudio presenta un clima templado. Se adquirió información meteorológica de la estación Alexander Von Humboldt (ver anexo 1), utilizando un período de registro de los años 1994 al 2005, con el cual se obtuvo una temperatura promedio mensual máxima de 28,86 °C, que se presenta en el mes de febrero, la temperatura mínima promedio mensual calculada fue de 13,95 °C, el cual se presenta en el mes de agosto, la humedad relativa media anual fue de 83,9 por ciento, la precipitación total anual de 6,15 mm y la velocidad de viento media anual de 116,65 Km/hora.

**Tabla 1: Ubicación de la Estación Alexander Von Humboldt**

Código de Estación	Coordenadas geográficas			Descripción
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	
Alexander Von Humboldt	12° 05´	77° 00´	238	En medio de las área de cultivo UNALM

### 3.1.3 Caracterización del suelo

Para la caracterización físico química del suelo del área de estudio se realizó en el laboratorio de Agua, Suelo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Agrícola, el análisis de dos muestras representativas tomadas de la parcela demostrativa de duraznos a profundidades de 90 cm y 50 cm. Según los resultados del análisis de caracterización (ver anexo 2) el suelo presenta una textura franco arcillosa a una profundidad de 50 cm y textura franco a 90 cm de profundidad, también se obtuvo un PH de 7,8 siendo ligeramente alcalino y la materia orgánica de 0,7 (considerada baja).

### 3.1.4 Caracterización del agua de riego

El agua de riego fue captada del reservorio ubicado junto al cabezal del sistema de riego perteneciente a la facultad de Ingeniería Agrícola, en la UNALM. Para su evaluación se tomó una muestra de agua del reservorio, la cual fue analizada en el

laboratorio de Agua, Suelo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Agrícola; en el anexo 3 se presentan los resultados del análisis, que al ser comparados con los Estándares de Calidad de Agua (ECA), categoría 3 Riego de Vegetales de tallo bajo y tallo alto (D.S. N° 002-2008-MINAM), demuestran que su calidad es apta para riego de vegetales. Siendo así, los resultados de la conductividad eléctrica (CE) de 0,63 dS/m es menor a 2 dS/m (ECA), por lo que según los ECA no se presenta riesgo de salinidad.

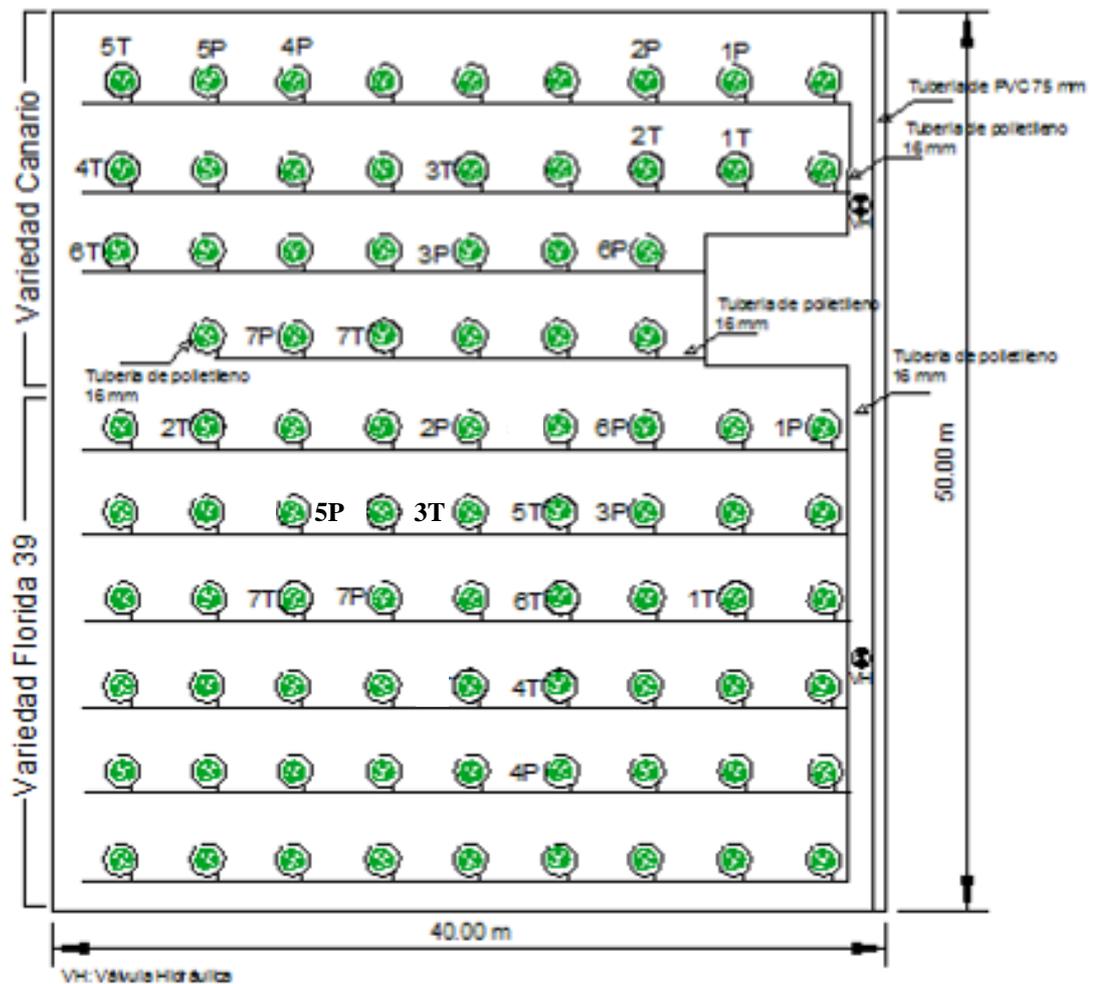
### **3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se adoptó el Diseño Completamente al Azar, el experimento se realizó en una parcela dividida en dos áreas, en la primera área se evaluó 14 plántones de la variedad Canario y en la segunda área 14 plántones de la variedad Florida 39, siendo un total de 28 plántones evaluados.

El diseño experimental consistió en la evaluación de dos tratamientos de riego, el primero (T1) es el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR), al 50% de la ET<sub>c</sub>, y el segundo (T2) es el tratamiento control (al 100 por ciento de la ET<sub>c</sub>), ambos tratamientos se distribuyeron al azar en 14 repeticiones (plántones): 7 repeticiones en la variedad Canario y 7 repeticiones en la variedad Florida 39, teniéndose un total de 28 repeticiones considerando los dos tratamientos (ver figura 5).

La variable independiente considerada fue el volumen total de agua aplicada en el riego y las variables dependientes consideradas fueron: el rendimiento del cultivo, tamaño del fruto, calidad del fruto, altura y ancho de la planta, y, el crecimiento vegetativo.

Para el experimento se adoptó el diseño cuyo esquema se presenta a continuación:



**Figura 5: Esquema del área experimental de duraznos**

P: Tratamiento 1 o riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR).  
T: Tratamiento 2 o riego control.

### 3.3 EQUIPOS Y MATERIALES USADOS

#### 3.3.1 Equipos

Sistema de riego

- Cabezal del sistema de riego
- Equipo de fertirrigación

Otros

- Mochila aspersora de 20 l
- Horno para secado de muestras

### **3.3.2 Materiales**

Sistema de riego

- Tuberías de PVC (75 mm) y polietileno (16 mm) en la unidad de riego
- Válvulas hidráulicas y de PVC (16 mm)
- Goteros autocompensados Irritec (4 l/hora)
- Uniones, tees y terminales de PVC de 16 mm

Medición

- Manómetro
- Cronómetro
- Balanza digital
- Vernier
- Wincha

Otros

- Tornillo muestreador
- Tijeras de poda
- Palas
- Recipientes
- Sobres para muestras de suelo
- Bolsas plásticas

### **3.3.3 Productos químicos (Fertilización y control fitosanitario)**

- Nitrato de amonio
- Sulfato de potasio
- Ácido fosfórico
- Urea
- Nitrato de calcio
- Sulfato de magnesio
- Sanix
- Micromix
- Nitrofosca verde
- Fetrilon Combi
- Botran 83 AK
- Folicur
- Thiodan
- BB5

## **3.4 METODOLOGÍA APLICADA**

La investigación fue de tipo experimental, para el cual se cumplió la siguiente metodología:

### **3.4.1 Selección y asignación de plantas (unidades experimentales)**

El ensayo se realizó en el período de agosto-2010 a enero-2011, en una parcela de 40 m de ancho x 50 m de largo (2000 m<sup>2</sup>), que se dividió en dos (02) áreas: en la primera se tuvo a la variedad Florida 39 y en la segunda a la variedad Canario, en dicha parcela se hubo un total 81 plantones de duraznos injertados en los patrones Okinawa, los injertos fueron realizados con las yemas de las variedades Canario y Florida 39.

Al seleccionar de la parcela los árboles que serían evaluados, se consideró que éstos fueran los más homogéneos en cuanto a su tamaño vegetativo de manera que se minimice la magnitud del error experimental ocasionado por la variación intrínseca de las unidades experimentales y se compare sólo los efectos del riego aplicado. De esta manera, se eligieron 28 árboles (14 de la variedad Canario y 14 de la variedad Florida), de los cuales se seleccionaron al azar 7 unidades de la variedad Canario y 7 de la variedad Florida para el riego control (T2 ó 100 por ciento de la ETc); y de igual manera, 7 unidades de la variedad Canario más 7 de la variedad Florida para el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (T1 ó SPZR), (Ver figura 4). Siendo así, 14 repeticiones para cada tratamiento de riego.

### **3.4.2 Manejo agronómico del cultivo del durazno**

La duración de la campaña del cultivo de durazno, luego del término del período de agoste o dormancia (mayo a julio), fue de aproximadamente 4 a 5 meses (agosto a enero) desde la prefloración hasta la cosecha, el período de postcosecha (febrero a abril de 2011) ya no se consideró en la evaluación de los tratamientos de riego.

Se elaboró un programa de las labores realizadas durante toda la campaña (ver anexo 4) tales como las actividades de riego, defoliación, prevención, control de plagas, enfermedades y fertilización.

El injerto de los duraznos con las variedades Florida 39 y Canario se realizó en el mes de agosto del 2009, pues es la época del año en la que se pueden obtener las plumas de las variedades mencionadas y se presentan las mejores condiciones fisiológicas para que el patrón, que en este caso fue Okinawa (de 7 años de edad), pueda unir sus tejidos a la nueva variedad para la propagación.

Después de haberse realizado el injerto se aplicó el riego y la fertilización óptima para que los árboles alcancen el tamaño necesario para su primera producción, siendo así se alcanzaron medidas en altura de copa de 1,30 m y ancho de 2,10 m en promedio antes de la poda e inicio de la campaña evaluada. Para ello, en dicho período (anterior a la evaluación) se aplicó la programación de riego elaborada de acuerdo al 100 por ciento de las necesidades hídricas del frutal hasta el inicio de

agoste para la campaña de evaluación, además como parte del programa de fertilización se aplicó úrea mediante fertirriego.

Los árboles de durazno se caracterizan por tener dos períodos fisiológicos bien definidos, el desarrollo vegetativo – productivo y el de descanso o dormancia, en ambos hay actividades fisiológicas específicas, por lo que se ejecutó las labores culturales respectivas.

**a. Período de dormancia o agoste**

Luego de la temporada de verano en la que se realizó el riego normal en todos los duraznos, al iniciar la etapa de dormancia se aplicó un último riego profundo de 4 horas para que mediante la permanencia de humedad en el suelo las raíces reserven el agua hasta el término de este período. En esta etapa se observó una apariencia de secamiento de la planta con el color semi-amarillo de las hojas y su caída, ya que el árbol entra en reposo hasta que sean satisfechos los requerimientos de horas de frío para que se dé el rompimiento de la dormancia en las yemas de la planta, en caso de que se tengan deficiencias de horas de frío o para estimular el brotamiento uniforme de las yemas se hacen aplicaciones alternativas mediante métodos químicos o agronómicos, siendo así, durante este período se realizó la aplicación de un defoliante de hojas.

Cerca al término del agoste se realizó la poda de formación o limpieza usando el sistema de forma de copa, siendo esta actividad importante ya que son árboles jóvenes y se debe estructurar el esqueleto o armazón como soporte a la futura producción.

Además, se aplicó mediante la mochila aspersora productos de limpieza y sanidad para la prevención y control fitosanitario de la quereza, mal de munición, oídium, arañita roja y otros, los cuales algunos de ellos habían sido observados años anteriores en algunos árboles.



**Figura 6: Arbol de durazno en período de dormancia, parcela experimental.**

#### **b. Período de actividad vegetativa-productiva**

Para la finalización del agoste se hizo un riego pesado de cinco horas, en esta etapa se observó el hinchamiento de las yemas en las ramas del árbol y este fue el inicio de la fase de prefloración, en la cual se aplicó calcio y boro. Luego de unos días del riego pesado, se comenzó con la aplicación de los tratamientos de riego programados hasta la finalización de la cosecha. Durante la post cosecha se continuó con el cotidiano riego que se venía aplicando antes de la evaluación, al 100 por ciento de las necesidades hídricas en todos los árboles.

En este período se dió inicio a la fertilización con nitrato de amonio, ácido fosfórico y sulfato de potasio (N, P, K), y en complemento el sulfato de magnesio y nitrato de calcio, los cuales se aplicaron hasta la cosecha, según las necesidades en las diferentes etapas fenológicas del durazno y las condiciones del suelo el cual se analizó con dos muestras tomadas de la parcela, con ello se obtuvo la dosis de fertilización 110-40-120; 10-40 (N-P- K; Ca-Mg), que se aplicó mediante un programa de abonamiento estándar (ver anexo 5).

También se continuó aplicando productos para el control fitosanitario y de fertilización foliar de micronutrientes, y, se realizó el desmalezado en la zona de goteo.



**Figura 7: Arbol de durazno en período vegetativo, parcela experimental.**

### **3.4.3 Programación de riego**

Para el diseño de riego control (100 por ciento de la  $ET_c$ ) y riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR) se realizó la estimación de la evapotranspiración de referencia  $ET_o$  (a través de los parámetros climáticos obtenidos en la estación experimental “Alexander Von Humboldt”) a través del método Penman, se determinó el  $K_c$  (fuente FAO) y la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), además se efectuó la caracterización del suelo (textura, capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente, pH, entre otros).

Los tratamientos de riego empezaron con el inicio de la campaña del cultivo del durazno, luego de tres meses de agoste, época en la que no se regó por ser período de dormancia para la planta caducifolia, antes de ello el riego fue aplicado con normalidad con la intención de que todas las plantas tengan el mismo desarrollo inicial, pues el período de evaluación de los tratamientos fue la primera campaña productiva luego de que fueron injertados con las variedades Florida 39 y Canario.

### **a. Cálculo de necesidades hídricas**

Para realizar la programación de riego se determinó las necesidades hídricas del durazno a través del software CROPWAT, con el cual se hizo el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) en base a la información meteorológica de la zona, a través del método Penman Monteith, para ello se utilizó los datos climáticos de la estación Humboldt (ver anexo 1); luego de ello se determinó la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) el cual será diferente al ET<sub>o</sub> en la medida en que las características (evaporación y transpiración) difieran entre el cultivo del durazno y el cultivo de referencia, esto es expresado en el coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>), la evapotranspiración del cultivo se calculó multiplicando el ET<sub>o</sub> por el K<sub>c</sub>, este último parámetro se determinó para cada etapa vegetativa, siendo los valores establecidos: 0,65 para la etapa inicial, 0,9 para la etapa mediados de temporada y 0,70 para la etapa final de temporada, dichos valores tuvieron como referencia los recomendados por la FAO 56 (Allen et al., 1998) y fueron ajustados para las condiciones climáticas del área experimental, así también se requirió para el cálculo otros datos característicos del durazno tales como las etapas fenológicas, profundidad radicular (considerada en 90 cm), y por último las características del suelo de la parcela experimental. Es así como se obtuvo las láminas de evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) diarias (mm/día) con las cuales se estableció la cantidad de agua a aplicar o reponer en cada turno de riego, según la frecuencia determinada para reponer el agua perdida por la ET<sub>c</sub> (ver anexo 6, lámina ET<sub>o</sub>, ET<sub>c</sub> y programación de riego ejecutado).

### **b. Frecuencia de riego**

La frecuencia de riego se determinó en base a la demanda atmosférica y la capacidad de retención de agua del suelo (ver anexo 7, prueba de capacidad de campo), ya que el momento de la aplicación del riego se dió en función de evitar el estrés hídrico en los árboles de riego control (100 por ciento de la ET<sub>c</sub>), es decir antes de agotarse la lámina de agua fácilmente aprovechable del suelo (AFA), mediante el control de humedad del suelo por el método gravimétrico, por lo que el intervalo de riego durante la campaña fue en promedio de cuatro días, en cada riego

se aplicó la cantidad de agua determinada en base a la lámina diaria de evapotranspiración del cultivo (ETc) calculada inicialmente para todos los períodos de la campaña del durazno (ver anexo 6, programación de riego ejecutado).

### **c. Control del contenido de agua en el suelo**

Durante la campaña del cultivo se hicieron mediciones de la humedad del suelo por el método gravimétrico, mediante la toma de muestras a una profundidad de 60 cm del suelo de dos unidades experimentales por cada tratamiento.

Para conocer la capacidad de retención de agua en el suelo de la parcela experimental se realizó la prueba de capacidad de campo en la cual se obtuvo la curva de humedad (ver anexo 7), por lo que el valor de 19 por ciento de humedad gravimétrica como capacidad de campo se definió a partir de la prueba mencionada y de los valores establecidos en el capítulo 7 de FAO 56 para suelo franco (entre 14 por ciento y 20 por ciento), asimismo el punto de marchitez establecido fue de 10 por ciento de humedad gravimétrica según la misma fuente bibliográfica. Este valor de capacidad de campo se tuvo como referencia para el control de la humedad del suelo en la parcela.



**Figura 8: Toma de muestra para la medición por el método gravimétrico**

#### **3.4.4 Evaluación y adaptación del sistema de riego**

El riego se aplicó mediante un sistema de goteo automatizado en la parcela experimental, la cual se dividió en dos (02) áreas, en la primera se ubicó la variedad Canario y en la segunda la variedad Florida 39, por lo que el riego fue controlado por una válvula hidráulica en cada área.

La instalación del sistema de riego consistió en: el cabezal de riego con el sistema de filtración, tuberías (principal de PVC y lateral de PE), emisores o goteros auto compensados de marca Irritec de 4 l/h y elementos de control como el caudalímetro, manómetro y válvulas.

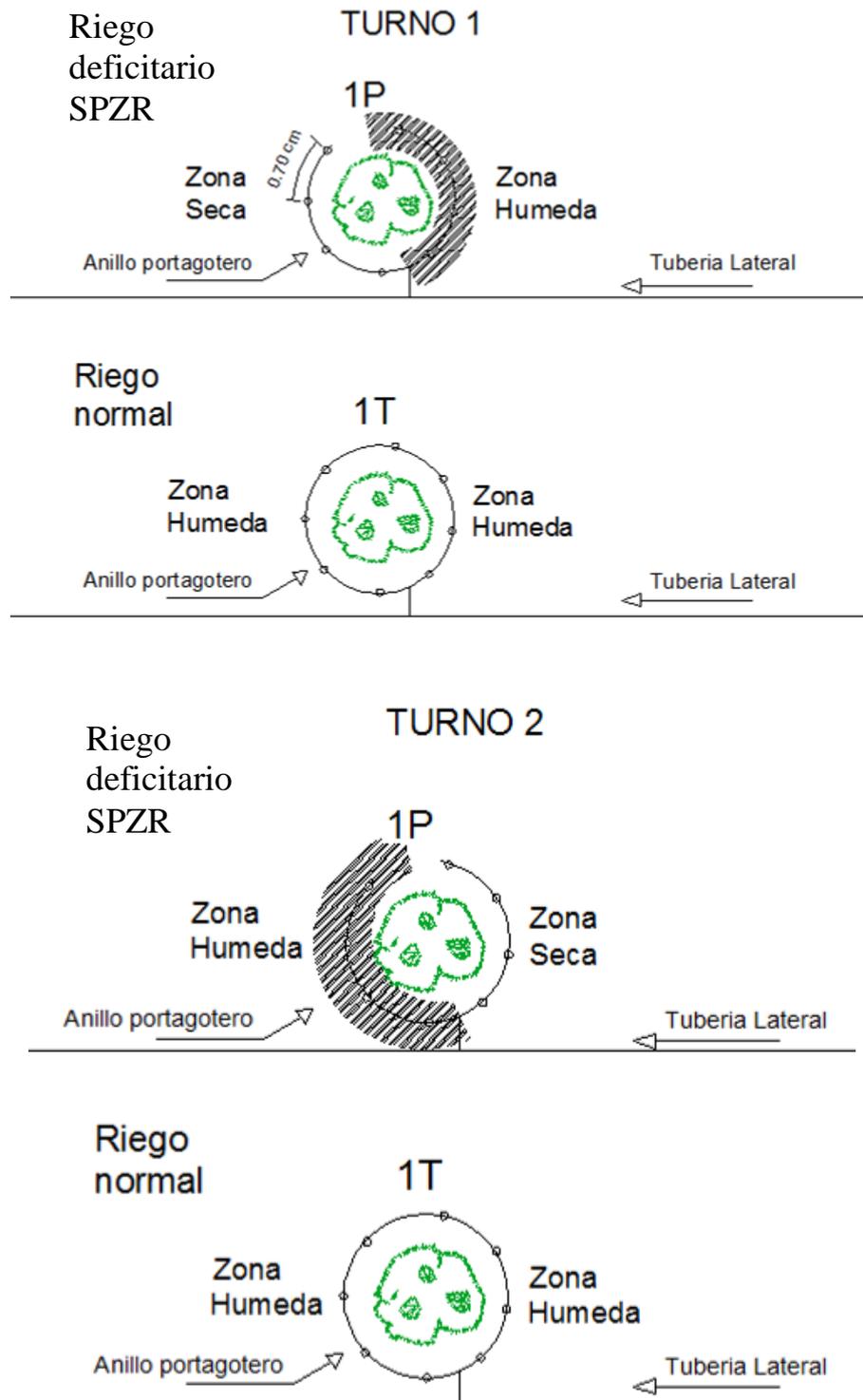
Paralelas a las líneas de los árboles se extendieron los laterales de riego, donde se colocaron anillos de polietileno como portagoteros en cada plantón, cada anillo contenía 8 goteros.

Previo a la instalación de los emisores, éstos fueron evaluados en el laboratorio realizándose una prueba para la generación de la curva característica caudal - presión del emisor y la determinación de su coeficiente de variabilidad (ver anexo 8 y 9), luego una vez instalados en la parcela experimental se realizó la prueba de su uniformidad en caudal y presión (ver anexo 10) para verificar su funcionamiento.

En los plantones a los que se les aplicó el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces, sus anillos fueron divididos por la mitad, es decir en dos ramales, izquierdo y derecho (ver figura N° 2), cada ramal fue controlado por una pequeña válvula para poder alternar el riego, pues según el diseño del riego deficitario parcial un turno de riego en un plantón correspondió a abrir la válvula de un ramal para su riego mientras el otro ramal permaneció con la válvula cerrada, luego, en el siguiente turno se abrió esta última válvula y se cerró el anterior para regar el área que había permanecido seca, así sucesivamente se alternó la zona húmeda y seca en cada turno de riego.

En cada riego de los árboles de tratamiento SPZR se aplicó el 50 por ciento de la ETc calculada (necesidades hídricas) y sólo en el lado del área de raíces que

correspondía en dicho turno. Mientras que los plantones con riego control tuvieron el anillo continuo de portagoteros, pues en todos los turnos de riego se regó el 100 por ciento de la ETc y del área proyectada de raíces.



**Figura 9: Esquema de la aplicación de los tratamientos de riego: SPZR (T1) y control (T2)**



**Figura 10: Anillo portagotero con los ramales izquierdo y derecho para el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR).**



**Figura 11: Anillo portagotero continuo para el riego control (100% ETc).**

### 3.4.5 Aplicación del tratamiento de riego deficitario SPZR (variable independiente)

La aplicación del riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR) consistió en regar aplicando una lámina del 50 por ciento de la ETc del durazno, en una parte del área del sistema radical mientras que el área restante se mantenía seca, alternando en cada turno de riego ambos lados de la zona de raíces; este tratamiento se ejecutó según el período fenológico del cultivo, el cual en este caso se aplicó sólo en los períodos no críticos (desde la floración hasta la fase de endurecimiento de carozo) del durazno, pues en el período crítico (fase III) se realizó el riego al 100 por ciento de la ETc.

Los riegos o tratamientos consistieron en reponer el agua perdida por la evapotranspiración del cultivo (ETc), siendo las láminas aplicadas al 100 por ciento de la ETc para el tratamiento control y al 50 por ciento de la ETc para el tratamiento de riego deficitario SPZR (secado parcial de la zona de raíces) en las fases no críticas del durazno, con una proyección de reducción del volumen total de agua de hasta en un 30 por ciento (durante el período floración – cosecha) en este último tratamiento de riego y del cual se evaluará su efecto sobre el rendimiento y producción del cultivo de durazno.

En la siguiente tabla se resume la técnica de aplicación de los tratamientos de riego.

**Tabla 2: Aplicación del tratamiento según períodos fenológicos del durazno**

<b>Tratamiento</b>	<b>Brotación de yema hinchada hasta plena floración</b>	<b>Fase I (crecimiento de fruto)</b>	<b>Fase II (endurecimiento de carozo)</b>	<b>Fase III (crecimiento de fruto)</b>
<b>Riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (SPZR) – T1</b>	50 % ETc	50 % ETc	50 % ETc	100 % ETc
	Lado izquierdo o derecho del área de raíces	Lado izquierdo o derecho del área de raíces	Lado izquierdo o derecho del área de raíces	Todo alrededor del área de raíces
<b>Riego control – T2</b>	100 % ETc	100 % ETc	100 % ETc	100 % ETc
	Todo alrededor del área de raíces	Todo alrededor del área de raíces	Todo alrededor del área de raíces	Todo alrededor del área de raíces

Los factores que inciden en la técnica del riego deficitario SPZR y que fueron evaluados y controlados mediante las actividades programadas en el transcurso del experimento fueron: los períodos críticos del cultivo, nivel de coincidencia entre el crecimiento vegetativo y el fruto, las características del suelo, el sistema de riego, el clima, la resistencia al estrés hídrico.

#### **3.4.6 Medición y control de las variables dependientes**

Para evaluar la producción y su calidad, al realizarse la cosecha se registró el número de frutos por árbol, peso de frutos por árbol, el peso fresco promedio del fruto (con una balanza digital) y el diámetro longitudinal del fruto (usando un calibre digital), asimismo se evaluó la calidad de la producción mediante la distribución de calibres según la clasificación comercial referida por Alza y col., 2000. Durante el período de actividad vegetativa-productiva se registró los estados observados desde el hinchamiento de yemas hasta el cuajado de frutos, luego de ello se seleccionó e identificó cinco frutos por árbol para realizar la medición de sus diámetros con una frecuencia regular (cada quince días) y así obtener la curva de crecimiento del fruto desde su cuajado hasta la cosecha. Así también se realizó la medición de la altura y ancho de copa antes del inicio de los tratamientos de riego y al finalizar el ciclo del cultivo.



**Figura 12: Registro en el período de floración**



**Figura 13: Medición y control del diámetro del durazno durante su crecimiento**



**Figura 14: Peso del fruto cosechado**

### **3.4.7 Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de las variables se efectuó el Análisis de Varianza (ANOVA) para un Diseño Completamente al Azar (DCA) y para realizar la prueba de comparación múltiple de medias de las variables entre los tratamientos se utilizó la Prueba Estadística de Comparación de Tukey.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1 REGISTROS FENOLÓGICOS**

Durante el período de evaluación se realizó la caracterización fenológica de las dos variedades del durazno, por lo que durante la aplicación de los tratamientos se tomó registros de observación del estado fenológico del cultivo y la evolución del crecimiento del fruto (Ver tablas 4 y 5).

En la variedad Florida 39 se comprobó que el período desde la ruptura de yemas hasta la recolección de la cosecha fue próximo a 114 días y en la variedad Canario fue de 157 días (ver tabla 3), con lo cual restando los días desde la yema hinchada hasta la plena floración en ésta última variedad se cumplió con lo determinado en la investigación de Barbosa et al, 1990, donde se menciona que el Canario presenta un período de floración-maduración de 121 a 150 días, dependiendo de las variaciones térmicas ocurridas en el ambiente.

Tanto para la variedad Florida como la de Canario, en la curva de crecimiento de fruto generada se observa (Ver figuras 4 y 5) que el ritmo de desarrollo del fruto en cuanto a la duración de sus fases, fue muy similar entre el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces (T1) y riego control (T2), por lo que se deduce que no hubo influencia del tratamiento SPZR (T1) en este aspecto. Asimismo, se observa el cumplimiento del ritmo de crecimiento del fruto en la curva de forma de doble sigmoideal, con la diferenciación de las tres fases bien definidas, tal como lo mencionan Chalmers et al. (1981), y, Richards y Rowe (1977) en sus investigaciones.

En ambas variedades durante el período de riego al 50 por ciento de la ETc que involucra a la fase I y II del crecimiento del fruto, éste fue de menor tamaño, sin

embargo en la fase III al aplicar el riego al 100 por ciento de la ETc el tamaño del fruto se recuperó alcanzando diámetros iguales al del riego control al final de la fase III, esto se observó con mayor énfasis en la variedad Florida 39 (Ver figuras 4 y 5).

En la siguiente tabla se muestra la duración de cada fase en las dos variedades, establecidas en función a las observaciones y registros realizados durante toda la campaña.

**Tabla 3: Duración de los períodos fenológicos del durazno**

<b>Variedad</b>	<b>Duración de etapas (días)</b>				<b>Total</b>
	Brotación de yema hinchada hasta plena floración	Fase I (crecimiento de fruto)	Fase II (endurecimiento de carozo)	Fase III (crecimiento de fruto)	
<b>Florida</b>	18	45	23	28	114
<b>Canario</b>	19	47	43	48	157

Las figuras 4 y 5 muestran la evolución del diámetro ecuatorial del durazno en los distintos tratamientos de las dos variedades. Y en las tablas 4 y 5 se presentan las fechas de inicio y finalización aproximadas de cada fase del durazno, según los registros realizados.

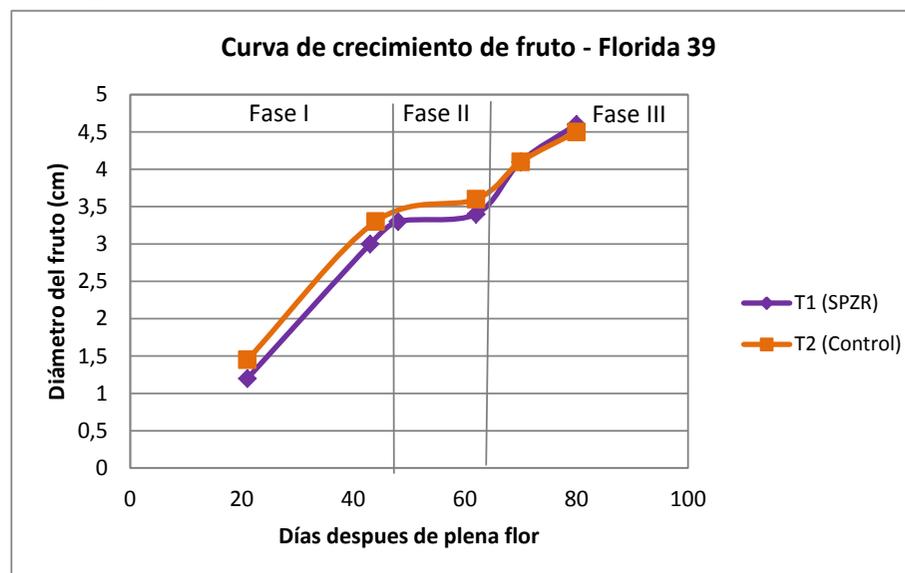
**Tabla 4: Registro de fechas y duración de los períodos fenológicos de la variedad Florida 39**

Estado fenológico	Yema receso	Yema hinchada	Botón rosado	Inicio floración	Plena floración	Crecimiento de fruto		
	Fecha *	15/08	02/09	09/09	14/09	19/09	Fase I Rápido crecimiento	Fase II Endurecimiento de carozo
Fecha inicio **						20/09	04/11	27/11
Fecha fin **						03/11	26/11	24/12
<b>Duración (días)</b>		<b>18</b>				<b>45</b>	<b>23</b>	<b>28</b>

\*Se consideró la fecha cuando el estado se presenta en la planta en un 50 por ciento o más.

\*\* Se determinó según la curva obtenida de crecimiento del fruto.

**Figura 15. Curva de crecimiento del fruto de la variedad Florida 39**



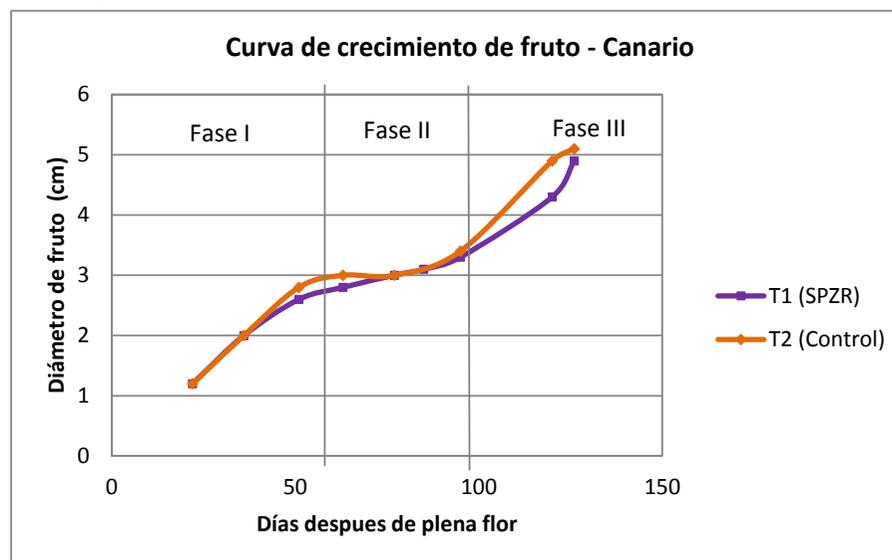
**Tabla 5: Registro de fechas y duración de los períodos fenológicos de la variedad Canario**

Estado fenológico	Yema receso	Yema hinchada	Botón rosado	Inicio floración	Plena floración	Crecimiento de fruto		
	Fecha *	02/08	17/08	25/08	30/08	04/09	Fase I Rápido crecimiento	Fase II Endurecimiento de carozo
Fecha inicio **						05/09	22/10	04/12
Fecha fin **						21/10	03/12	20/01
<b>Duración (días)</b>		<b>19</b>				<b>47</b>	<b>43</b>	<b>48</b>

\* Se consideró el estado cuando éste se presenta en la planta en un 50 por ciento o más.

\*\* Se determinó según la curva obtenida de crecimiento del fruto.

**Figura 16. Curva de crecimiento del fruto de la variedad Canario**



**Registro fotográfico de los estados fenológicos del durazno en la parcela**



**Figura 17: Yema receso**



**Figura 18: Yema hinchada**



**Figura 19: Botón rosado**



**Figura 20: Inicio floración**



**Figura 21: Plena floración**



**Figura 22: Fase I – Rápido crecimiento de fruto**



**Figura 23: Fase II – Endurecimiento de carozo**



**Figura 24: Fase III - Rápido crecimiento de fruto**

## **4.2 CONSUMO DE AGUA EN LOS TRATAMIENTOS DE RIEGO**

### **4.2.1 Lámina de riego aplicada en función de las fases de desarrollo del cultivo**

Tal como se muestra en las tablas 6 y 7 la aplicación de la lámina de agua de riego se realizó según los tratamientos planteados, el riego control consistió en la aplicación del 100 por ciento de la ETc durante toda la campaña del cultivo; y el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces, consistió en el 50 por ciento de la ETc en los períodos no críticos del desarrollo fenológico (desde brotación de yema hinchada hasta fase II del crecimiento de fruto) y con el 100 por ciento de la ETc en el período crítico (desde la fase III hasta la cosecha).

En las figuras N° 24 y 25 se presenta los valores de ETo, ETc (mm/día) y las láminas de riego (mm/día) aplicadas en los tratamientos durante los períodos fenológicos en los que se dividió el desarrollo del cultivo, así como las fechas de inicio y término consideradas para cada fase. La aplicación de los tratamientos de riego inició el 25/08 y finalizó el 22/12 para la variedad Florida y el 20/01 para la variedad Canario.

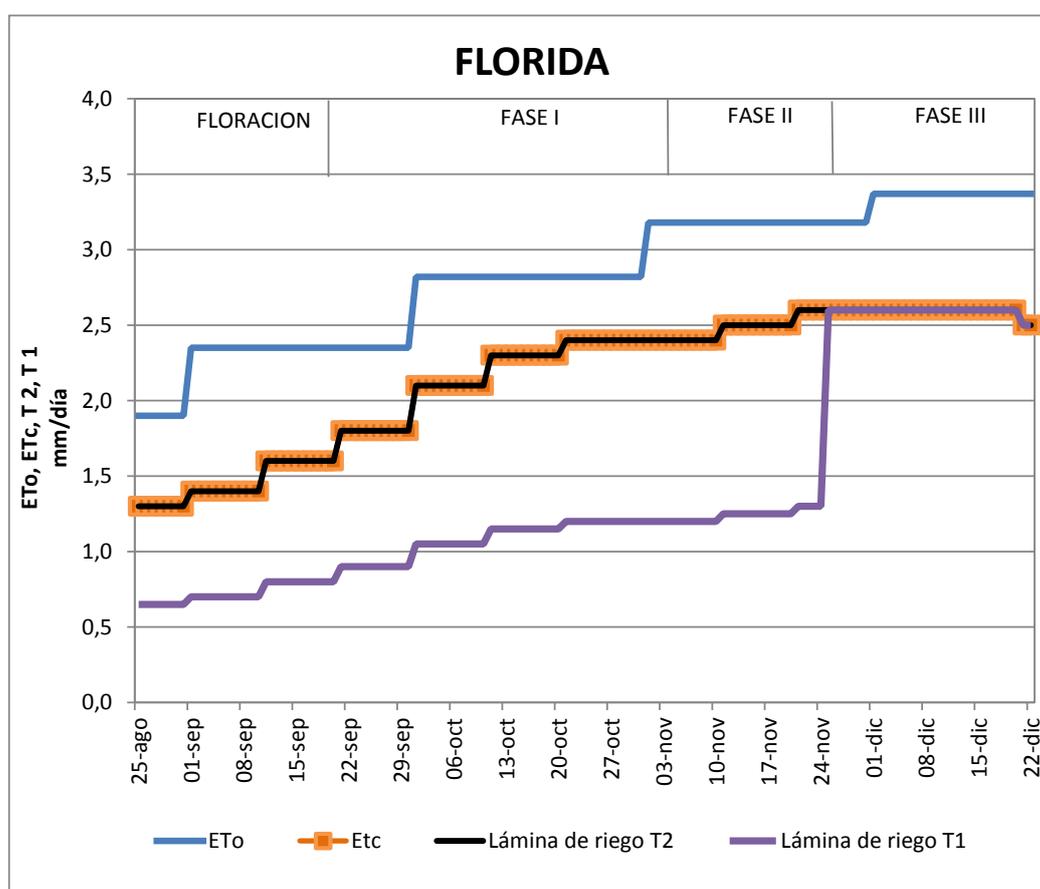
Se observa que la lámina de evapotranspiración potencial ETo es la más alta y durante la campaña del cultivo su valor fue aumentando, por consiguiente, la evapotranspiración del cultivo (ETc) también fue en aumento hasta la fase III, pero con valores menores al ETo debido al factor del coeficiente de cultivo (Kc) que en todas las etapas de desarrollo del cultivo fue menor a la unidad.

Siendo la lámina de riego, la reposición del agua perdida por la ETc, en las figuras 24 y 25 se visualiza que los árboles con el riego control (T2) recibieron la lámina aplicada de agua al 100 por ciento de la ETc en todas las fases, mientras que con el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces o SPZR (T1) se aplicó el 50 por ciento de la ETc desde el inicio del ciclo hasta el término de la fase II, luego en la fase III (que inició el 27/11 en Florida y el 4/12 en Canario) se aplicó la lámina al 100 por ciento hasta el período de cosecha.

En el anexo N° 6 se muestran los valores de ETo, ETc calculados, así como la programación de riego y volumen de agua por turno de riego.

**Tabla 6: Aplicación de los tratamientos de riego según estado fenológico - Florida**

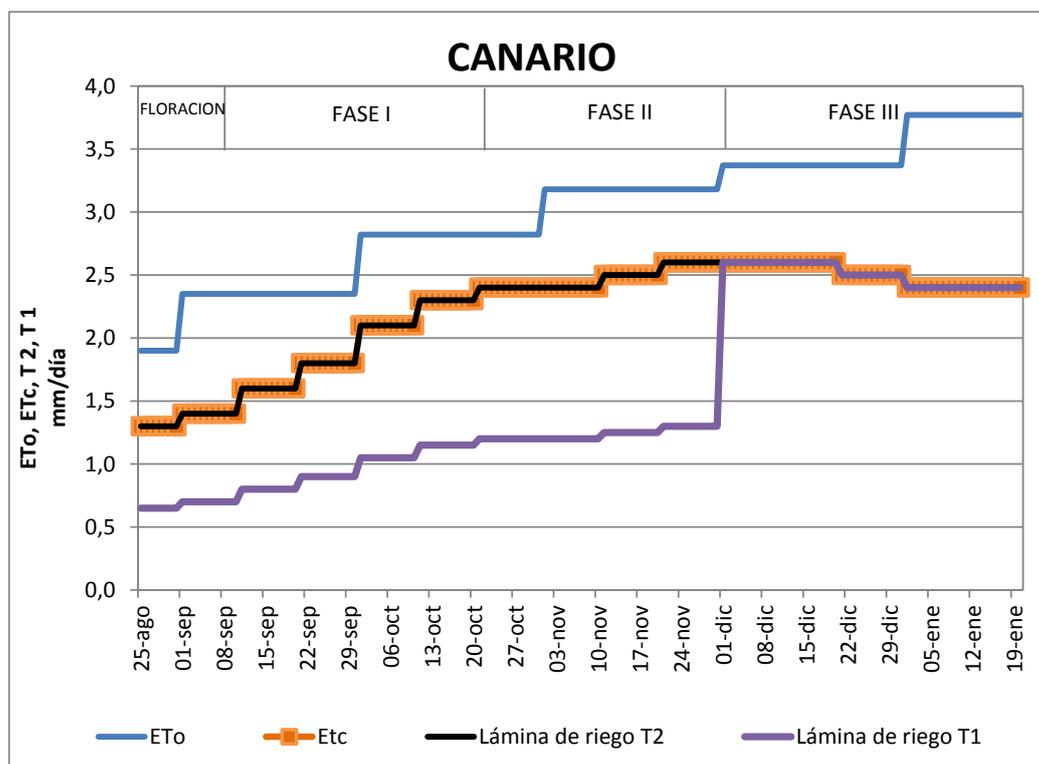
Tratamiento	Estado Fenológico – Florida 39			
	Brotación de yema hinchada a plena flor	Fase I crecimiento de fruto	Fase II endurecimiento carozo	Fase III crecimiento de fruto
T1 (SPZR)	50 % Etc (mm/día)			100 % Etc (mm/día)
T2 (Control)	100 % Etc (mm/día)			100 % Etc (mm/día)



**Figura 25: Evapotranspiración de referencia (ETo), evapotranspiración de cultivo (ETc) y lámina de riego de los tratamientos T1 y T2**

**Tabla 7: Aplicación de los tratamientos de riego según estado fenológico - Canarias**

Tratamiento	Estado Fenológico - Canarias			
	Brotación de yema hinchada a plena flor	Fase I crecimiento de fruto	Fase II endurecimiento carozo	Fase III crecimiento de fruto
T1 (SPZR)	50 % Etc (mm/día)			100 % Etc (mm/día)
T2 (Control)	100 % Etc (mm/día)			100 % Etc (mm/día)



**Figura 26: Evapotranspiración de referencia (ETo), evapotranspiración de cultivo (ETc) y lámina de riego de los tratamientos T1 y T2.**

En las tablas 8 y 9 se presentan las láminas totales de riego aplicadas en cada período de desarrollo de las variedades Florida 39 y Canarias respectivamente, observándose que tal como se mencionó, desde la fase de yema hinchada hasta el término de la fase II en los árboles del tratamiento de riego deficitario SPZR se aplicó el 50 por ciento de la lámina de riego con respecto al del tratamiento control (100 por ciento de la ETc en todas las fases), siendo así durante la fase III se aplicó la misma lámina en ambos tratamientos, 72,6 mm para el caso de la variedad Florida 39 y 127,5 mm para el caso de la variedad Canarias.

En consecuencia, en el caso de la variedad Florida 39 (ver tabla 8), con T1 se aplicó una lámina total de 169,3 mm/campaña y con T2 la lámina fue de 266 mm/campaña. Con ello se cumplió el régimen planificado para el tratamiento de riego deficitario SPZR (50 por ciento ETc en períodos no críticos y 100 por ciento ETc en el período crítico).

En el caso de la variedad Canario (ver tabla 9), con T1 se aplicó una lámina total de 232,0 mm/campaña y con T2 la lámina fue de 336,5 mm/campaña. Con ello se cumplió el régimen planificado para el tratamiento de riego deficitario SPZR (50 por ciento ETc en períodos no críticos y 100 por ciento ETc en el período crítico).

Es importante resaltar que las láminas de riego total aplicadas por campaña que se han mencionado no han considerado la época de post cosecha, por lo que el volumen generado no corresponderá a la necesidad de agua de todo el ciclo del cultivo.

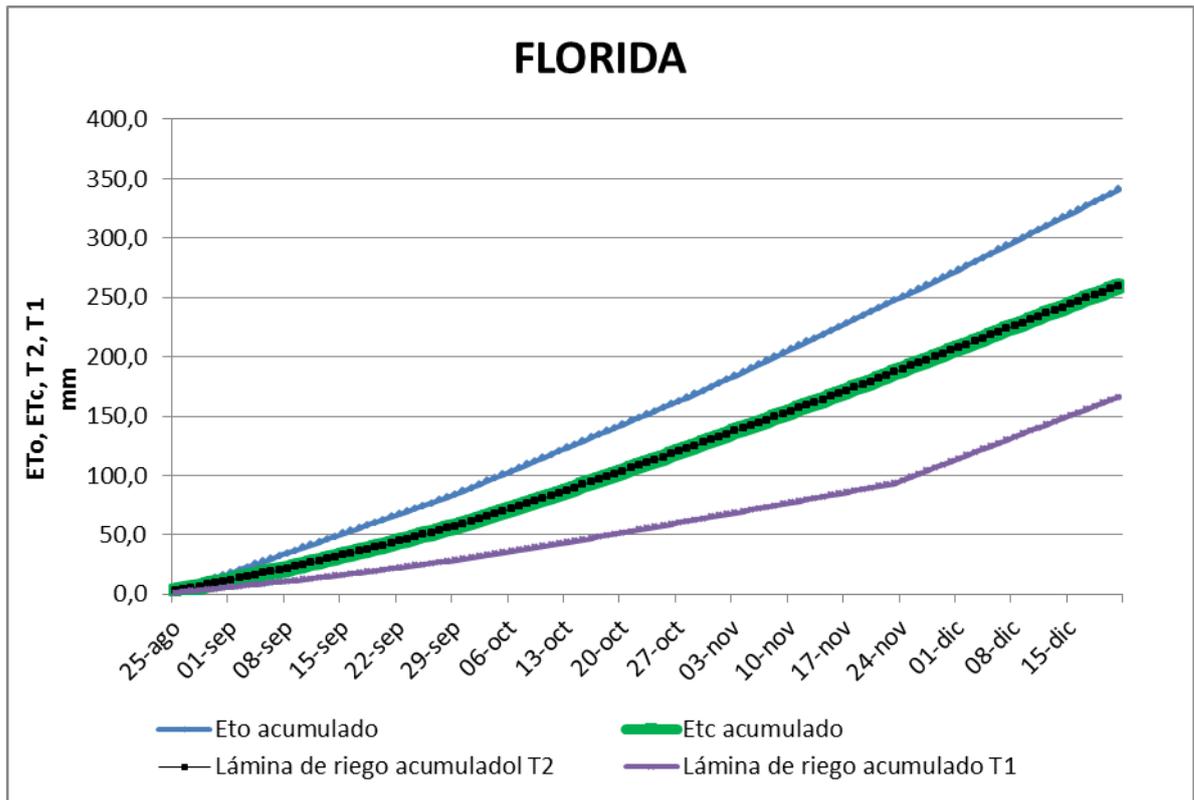
**Tabla 8: Lámina de riego total de los tratamientos T1 y T2 – Florida 39**

<b>Tratamiento</b>	<b>Lámina de riego aplicada en cada estado fenológico (mm)</b>				<b>Lámina Total / campaña (mm)</b>
	<b>Brotación de yema hinchada hasta plena floración</b>	<b>Fase I crecimiento de fruto</b>	<b>Fase II endurecimiento carozo</b>	<b>Fase III crecimiento de fruto</b>	
T1 (SPZR) – (mm)	21,2	48,20	27,30	72,60	169,3
T2 (Control) – (mm)	42,4	96,40	54,60	72,60	266,0

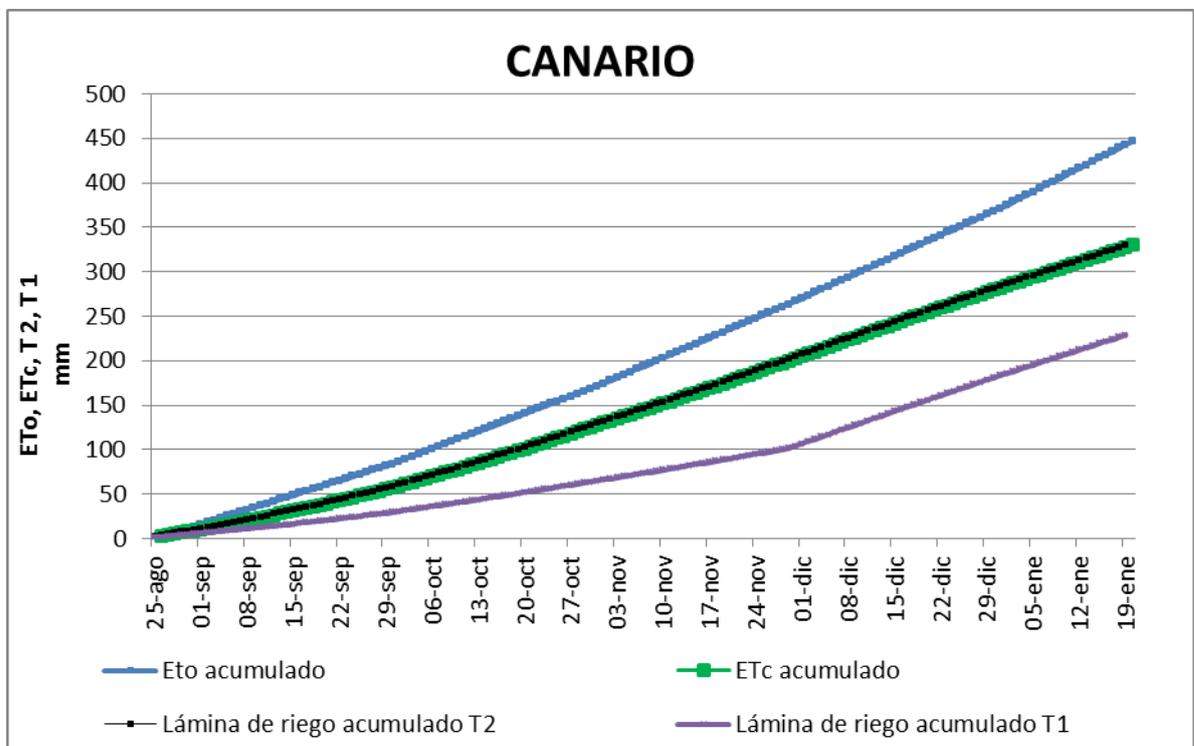
**Tabla 9: Lámina de riego total de los tratamientos T1 y T2 - Canario**

<b>Tratamiento</b>	<b>Lámina de riego aplicada en cada estado fenológico (mm)</b>				<b>Lámina Total / campaña (mm)</b>
	<b>Brotación de yema hinchada hasta plena floración</b>	<b>Fase I crecimiento de fruto</b>	<b>Fase II endurecimiento de carozo</b>	<b>Fase III crecimiento de fruto</b>	
T1 (SPZR) – (mm)	9,2	43,45	51,85	127,5	232,0
T2 (Control) - (mm)	18,4	86,90	103,70	127,5	336,5

En las figuras 26 y 27 se presentan los valores de ETo, ETc y láminas de riego de SPZR y control acumulados durante toda la temporada de los tratamientos de riego, tanto para la variedad Florida 39 y Canario.



**Figura 27: Evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) acumulada, evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>) acumulada y lámina de riego acumulada de los tratamientos T1 y T2.**



**Figura 28: Evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) acumulada, evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>) acumulada y lámina de riego acumulada de los tratamientos T1 y T2.**

#### 4.2.2 Volumen de agua utilizado (total y por fase de desarrollo)

En la siguiente tabla se indica que para la variedad Florida 39 el volumen total de agua aplicada, para un marco de plantación de 4m x 5m, fue de 783,22 m<sup>3</sup>/ha con el tratamiento control y de 498 m<sup>3</sup>/ha con el tratamiento de riego deficitario SPZR, con esto se consiguió un ahorro en 36,35 por ciento del agua de riego al 100 por ciento de la ETc, considerando sólo el período de aplicación de los tratamientos de riego. Mientras que para la variedad Canario, el volumen total de agua de riego fue de 990,81 m<sup>3</sup>/ha con el tratamiento control y de 683,11 m<sup>3</sup>/ha con el tratamiento de riego deficitario SPZR, obteniéndose así una reducción de 31,05 por ciento del agua de riego con T2 (al 100 por ciento de la ETc) en el período de aplicación de los tratamientos de riego.

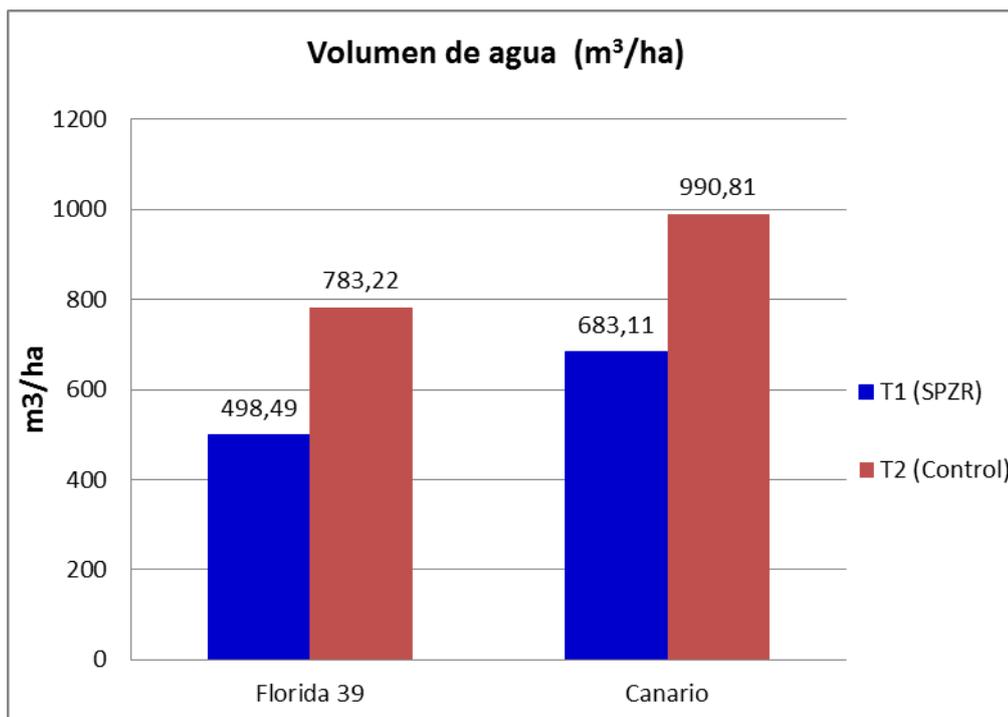
Es importante resaltar que el cálculo de los volúmenes señalados en la tabla 10, en m<sup>3</sup>/hectárea, corresponden al volumen aplicado a 500 árboles (en una hectárea, marco de plantación de 4m x 5m), en el período de evaluación de riego (agosto a enero), por lo que no se ha considerado la época de post cosecha (febrero-mayo) que implicaría un volumen de riego de tres a cuatro meses más para completar el ciclo del cultivo anual, el cual sería en promedio de 3 m<sup>3</sup>/plantón adicional a los volúmenes presentados en el riego normal, dando como volumen anual (en condiciones climáticas de La Molina) 2400 m<sup>3</sup>/ha en promedio con un riego por goteo al 100% de la ETc durante todo el ciclo del cultivo.

**Tabla 10: Volumen total de agua aplicada en el período de evaluación\***

Variedad	Tratamiento	Volumen total de agua aplicada (m <sup>3</sup> /plantón)	Volumen total de agua aplicada (m <sup>3</sup> /ha)	Consumo (%)	Ahorro (%)
Florida 39	T1 (SPZR)	1,0	498,5	63,65	36,35
	T2 (Control)	1,6	783,2	100	0
Canario	T1 (SPZR)	1,4	683,1	68,95	31,05
	T2 (Control)	2,0	990,8	100	0

\*Agosto – Diciembre (Florida 39)

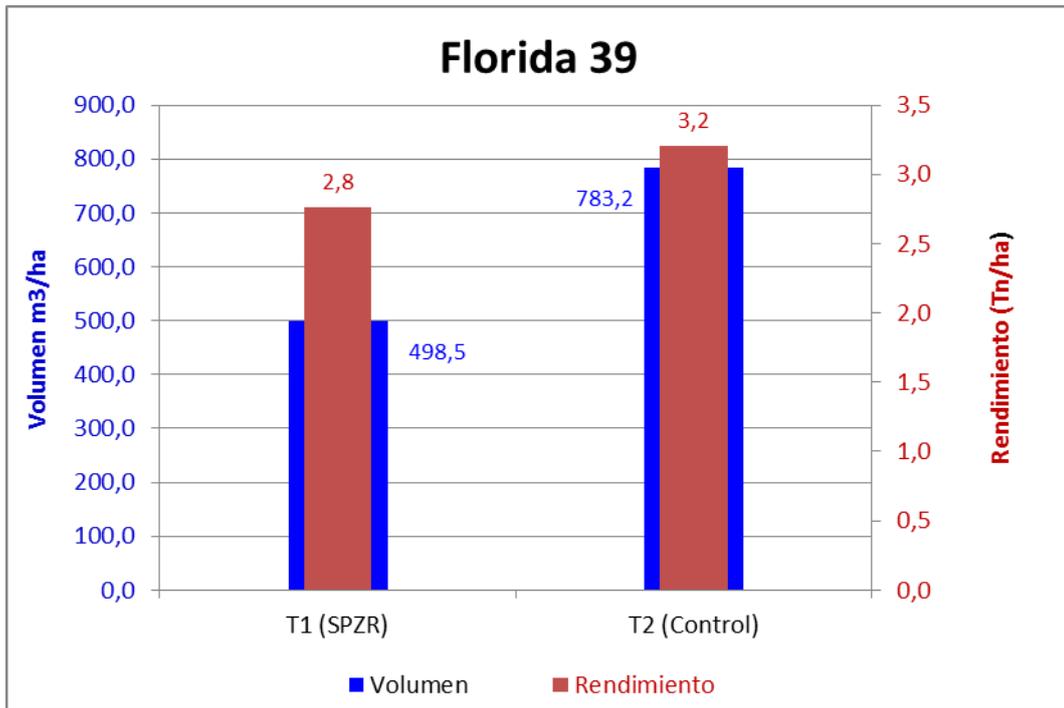
\*Agosto - Enero (Canario)



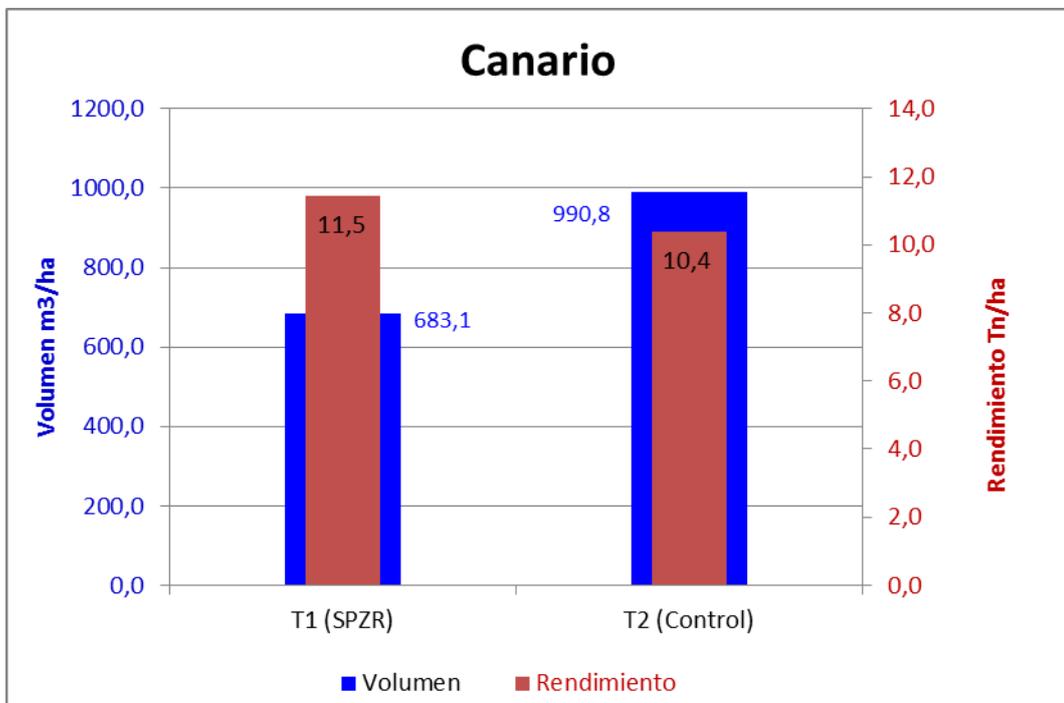
**Figura 29: Volumen de agua de riego en el período de evaluación, en los tratamientos T1 y T2**

En las figuras 29 y 30 se presenta el volumen total de agua de riego utilizado ( $m^3/ha$ ) con respecto al rendimiento ( $Tn/ha$ ) obtenido en los tratamientos aplicados. En la variedad Florida 39 se observa que con el tratamiento 1 (SPZR) se obtuvo un rendimiento de 2,8  $Tn/ha$  con un volumen de agua de 498,5  $m^3/ha$  aplicado durante el período de evaluación; y con el tratamiento 2 (control) se obtuvo un rendimiento de 3,2  $Tn/ha$  con un volumen de agua de 783,2  $m^3/ha$  aplicado. Por lo que se ve que la diferencia de volúmenes de agua de 36 por ciento entre los dos tratamientos es mayor a la diferencia de los rendimientos de 16 por ciento, siendo el valor más alto en T2 en ambos casos.

Mientras que con la variedad Canario, en el tratamiento 1 se obtuvo un rendimiento de 11,5  $Tn/ha$  con un volumen de agua de 683,1  $m^3/ha$  aplicado, en el tratamiento 2 se obtuvo un rendimiento de 10,4  $Tn/ha$  con un volumen de agua de 990,8  $m^3/ha$  aplicado. También se puede ver que la diferencia entre los volúmenes de agua de 31 por ciento es mayor a la diferencia de los rendimientos de 10,3 por ciento; siendo esto similar al caso de la variedad Florida 39. Más adelante se verá que la diferencia entre los rendimientos obtenidos con los tratamientos no tienen diferencia significativa según el análisis estadístico.



**Figura 30: Volumen total de agua de riego en los tratamientos T1 y T2**



**Figura 31: Volumen total de agua de riego en los tratamientos T1 y T2**

### 4.3 CARACTERIZACIÓN DE LA HUMEDAD EN EL SUELO

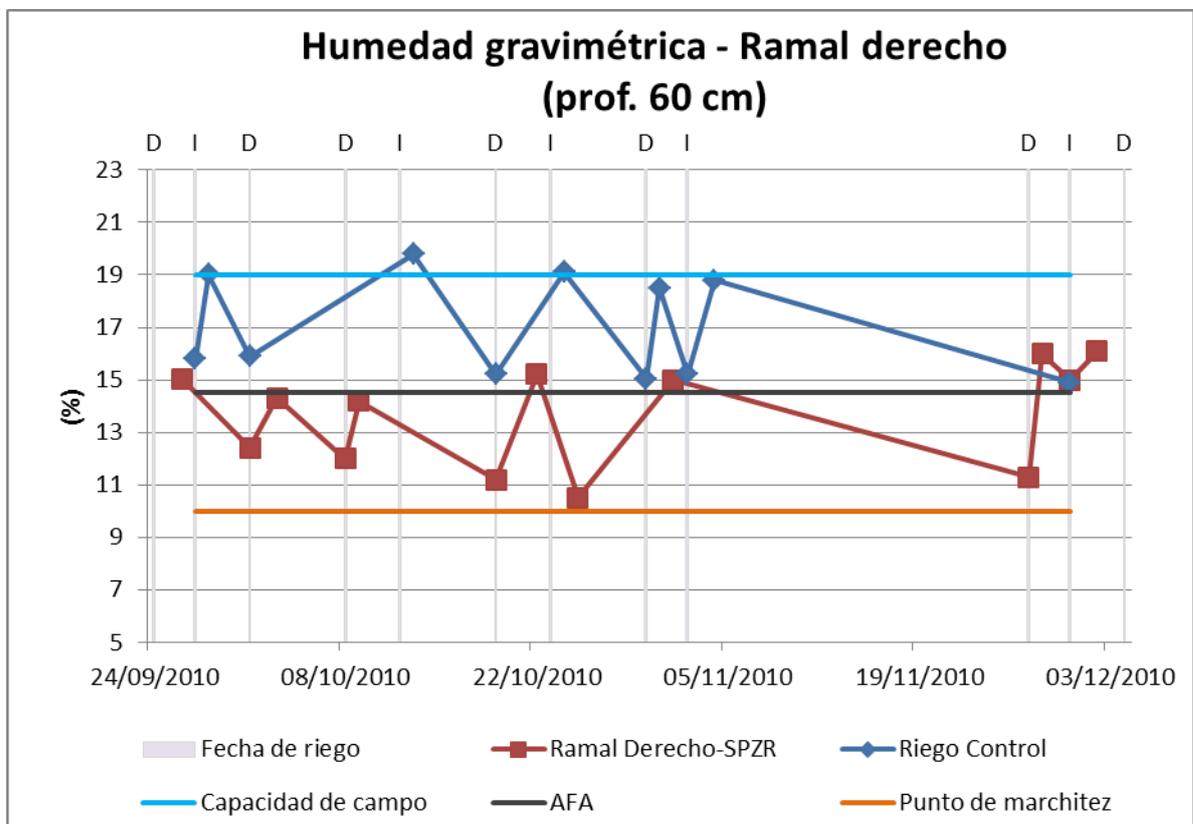
El contenido de agua en el suelo a una profundidad de 0,60 m durante el período de riego se muestra en las siguientes figuras, hay que señalar que los datos tomados corresponden sólo al monitoreo del contenido de agua en los momentos cercanos a la aplicación de algunos riegos, puesto que el objetivo de la medición fue de verificar la variación de la humedad en el suelo, mas no de determinar la cantidad de agua aplicar en cada riego. En el anexo 11 se muestra los datos de humedad de suelo tomados en su fecha correspondiente.

Según los resultados mostrados en las figuras 31, 32, 33 y 34, la humedad del suelo con el tratamiento control fue mayor que con el riego deficitario de Secado Parcial de la Zona de Raíces en los primeros 60 cm de profundidad.

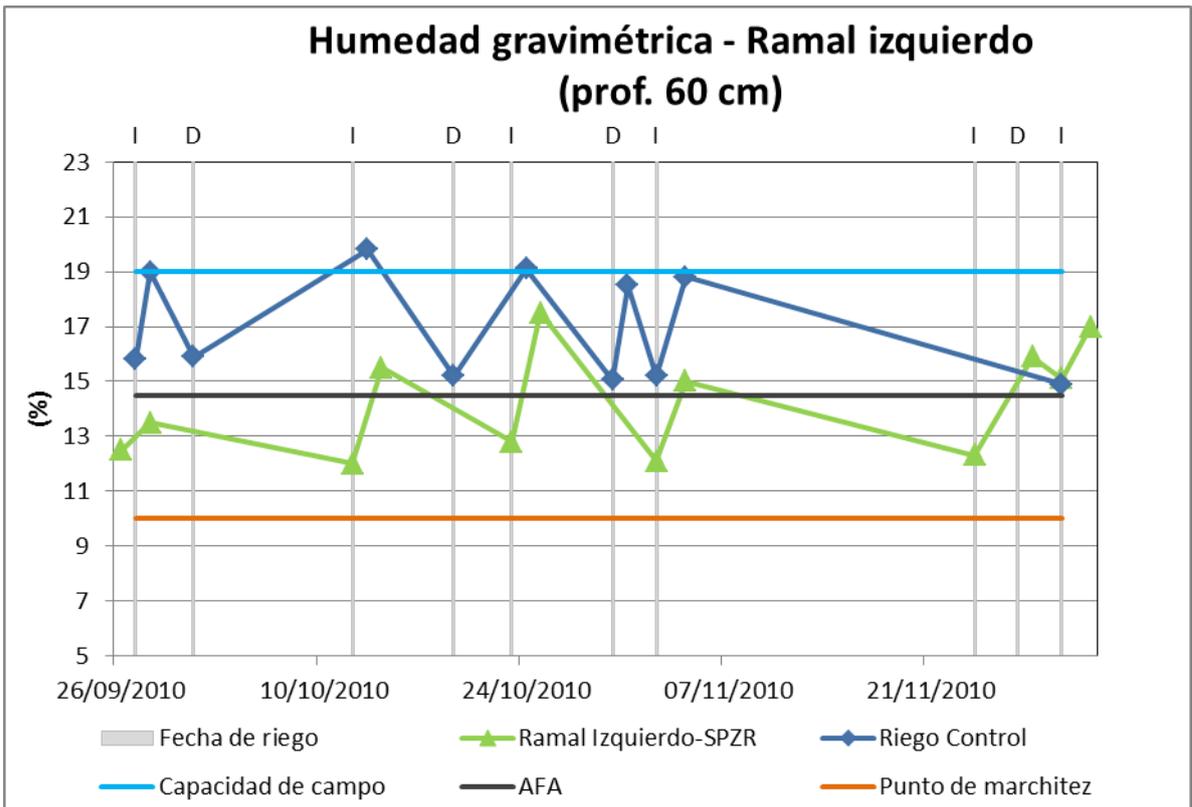
Se puede observar que con el riego control, tanto en la variedad Florida 39 y Canario, los valores fueron muy próximos o incluso mayores a la capacidad de campo luego de la aplicación del riego, disminuyendo en los períodos sin riego sin llegar al punto de marchitez y manteniéndose dentro del rango de agua fácilmente aprovechable (AFA) entre 20 por ciento y 14,5 por ciento de humedad gravimétrica del suelo, por lo que no se tuvo ninguna condición de déficit hídrico.

Mientras que con el tratamiento de riego deficitario SPZR, en ambas variedades, la humedad gravimétrica, que se midió para cada lado (izquierda y derecha) de la zona de riego alternado, generó valores más altos a los días siguientes del riego en el lado se aplicó (aproximadamente entre 14,5 por ciento y 17 por ciento de humedad gravimétrica del suelo), mientras que el lado que no se regó en ese turno presentó los valores más bajos (alrededor de 11 por ciento y 12 por ciento de humedad del suelo), aunque se mantuvo un poco más alto al punto de marchitez, en instantes anteriores a su riego; en consecuencia se generó estrés hídrico en la planta, sin embargo al mantenerse siempre un nivel de humedad al otro lado de la zona radical el cultivo no ha interrumpido su desarrollo.

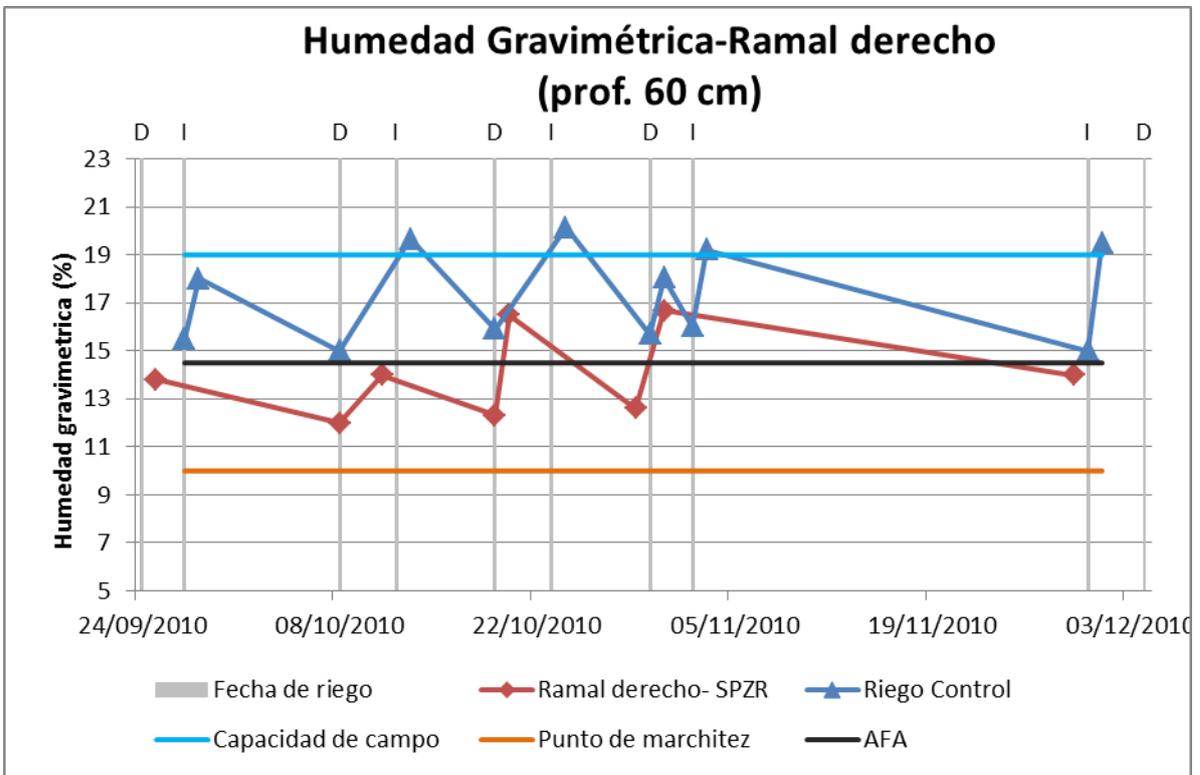
Con el tratamiento de riego deficitario SPZR la humedad gravimétrica posterior al riego no alcanzó valores muy altos o cercanos a la capacidad de campo y en los momentos más secos (instantes previos a la aplicación del riego) no se llegó al punto de marchitez, es importante considerar que esto pudo haber sido influenciado por el sustento que menciona Abrisqueta, 2010, en su ensayo, de que el riego afecta significativamente a los primeros 40 cm de profundidad del suelo, siendo la zona radicalmente activa el perfil de 0-50cm, muy por debajo de esta profundidad los valores no varían mucho puesto que en ese nivel las reservas de agua no son consumidas por la planta, esto dependerá del tipo de suelo.



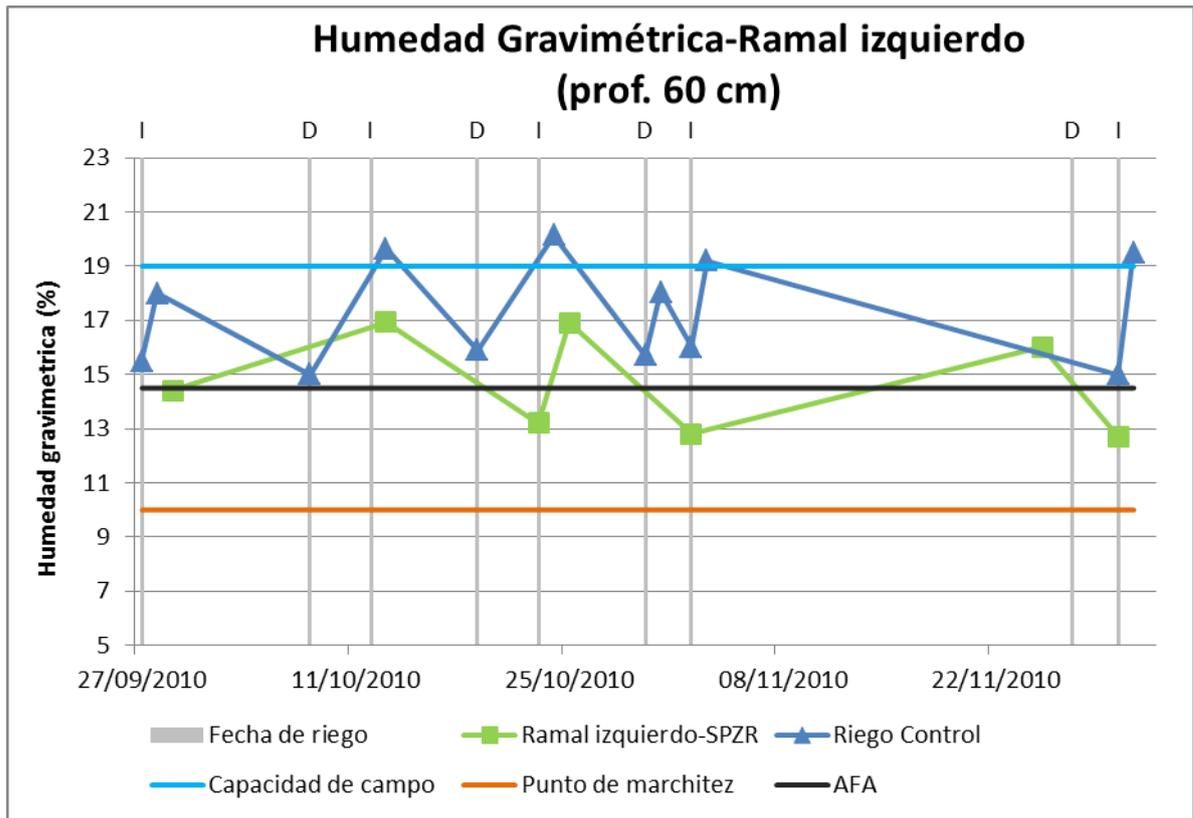
**Figura 32: Variación de la humedad gravimétrica en las unidades experimentales Florida.**



**Figura 33: Variación de la humedad gravimétrica en las unidades experimentales Florida**



**Figura 34. Variación de la humedad gravimétrica en las unidades experimentales Canario**



**Figura 35. Variación de la humedad gravimétrica en las unidades experimentales Canario**

#### 4.4 CRECIMIENTO VEGETATIVO

##### 4.4.1 Crecimiento en altura y ancho de copa de árbol

Los tamaños de ancho y altura de copa alcanzados al término del ciclo de cultivo (antes de iniciar el siguiente agoste) fueron de 1,9 y 1,6 m (Florida y Canario respectivamente) en promedio de altura de copa, y, de 3,4 y 2,9 m (Florida y Canario respectivamente) en promedio de ancho de copa. Los resultados presentados y analizados en este ítem corresponden al crecimiento de altura y ancho de copa o diferencia de dimensiones desde el inicio hasta el fin de la campaña.

Los resultados del crecimiento de ancho de copa evaluado durante la etapa de aplicación de los tratamientos, indican que el tratamiento 1 (SPZR) presentó crecimientos significativamente menores, 1,36 m y 0,69 m (en Florida y Canario respectivamente) con respecto a los crecimientos que se tuvieron con el tratamiento

2 (riego control) que fueron 2,02 m y 1,51 m en las variedades Florida 39 y Canario, tal como se indica en la tabla N° 11.

El crecimiento de la altura de copa también fue significativamente menor con el tratamiento 1 que fue de 0,93 m respecto a T2 el cual fue de 1,17 m en la variedad Florida 39, mientras que en la variedad Canario también se presentó menor crecimiento en T1 con 0,74 m respecto a T2 que fue de 0,96 m, aunque esta última diferencia entre los dos tratamientos no fue significativa estadísticamente (Ver tabla N° 12).

Es evidente que el déficit de agua con el tratamiento 1 influyó en el menor crecimiento vegetativo de los árboles del durazno. En este aspecto, se coincide con los resultados de los ensayos realizados por Alarcon et al., 2006 y Abrisqueta, 2010, en la evaluación de la respuesta del cultivo de durazno al riego deficitario controlado y de secado parcial de la zona de raíces en el cultivo de durazno de la variedad Flordastar (precoz o temprana), ambos concluyen que el déficit hídrico en dichas técnicas de riego provocó un menor crecimiento vegetativo de forma significativa, respecto a los árboles de tratamiento control. Esto se pudo haber manifestado debido a que el riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces aplicado coincidió con la primera etapa de crecimiento vegetativo del árbol del durazno, siendo la diferencia de épocas en el desarrollo vegetativo y del fruto una ventaja para la aplicación de esta técnica de riego (Alarcon et al., 2006).

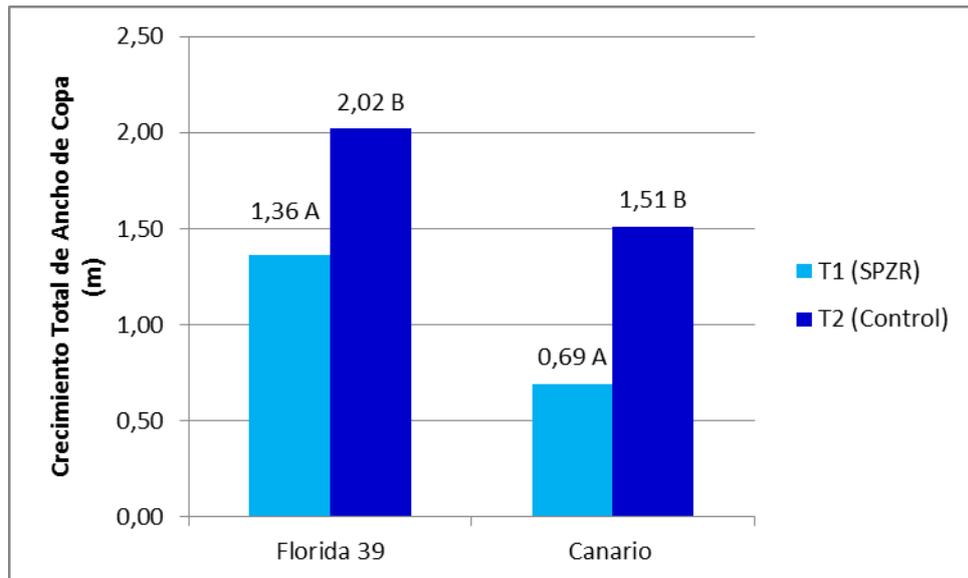
**Tabla 11: Crecimiento del ancho de copa en los tratamientos T1 y T2**

<b>Tratamiento</b>	<b>Crecimiento ancho de copa (m)</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>	<b>Análisis de varianza</b>
<b>Florida 39</b>			
T1 (SPZR)	1,36 a	16,73 %	**
T2 (Control)	2,02 b		
<b>Canario</b>			
T1 (SPZR)	0,69 a	39,63 %	*
T2 (Control)	1,51 b		

Valores medios con la misma letra no tienen diferencias significativas para la prueba de Tukey

\*: significativo

\*\* : altamente significativo



**Figura 36: Crecimiento del ancho de copa (m) en los tratamientos T1 y T2**

**Tabla 12: Crecimiento de la altura de copa en los tratamientos T1 y T2**

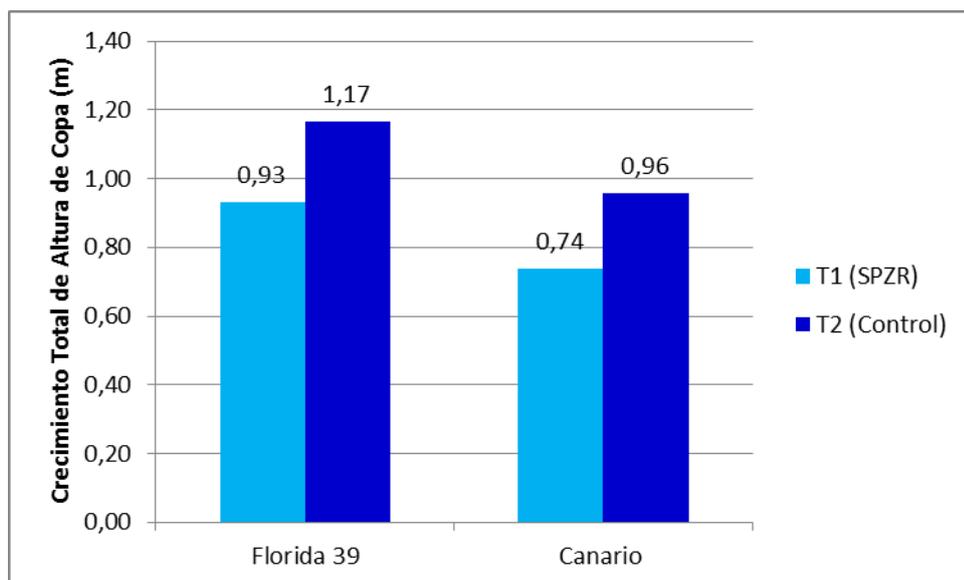
Tratamiento	Crecimiento en altura de copa (m)	CV	Análisis de varianza
Florida 39			
T1 (SPZR)	0,93 a	17,35 %	*
T2 (Control)	1,17 b		
Canario			
T1 (SPZR)	0,74 a	26,21 %	ns
T2 (Control)	0,96 a		

Valores medios con la misma letra no tienen diferencias significativas para la prueba de Tukey

CV: Coeficiente de variación

ns: no significativo

\*: significativo



**Figura 37: Crecimiento de la altura de copa (m) en los tratamientos T1 y T2**

## 4.5 PRODUCCIÓN DE COSECHA

### 4.5.1 Número de frutos por árbol

Respecto al número de frutos obtenidos por árbol, en la variedad Florida 39 se tuvo un promedio de 43 frutos en T1 y 47 frutos en T2; y en la variedad Canario se obtuvo 557 y 492 frutos por árbol en T1 y T2 respectivamente, por lo que las diferencias entre el tratamiento 1 (SPZR) y el tratamiento 2 o control no fueron estadísticamente significativas en ambas variedades.

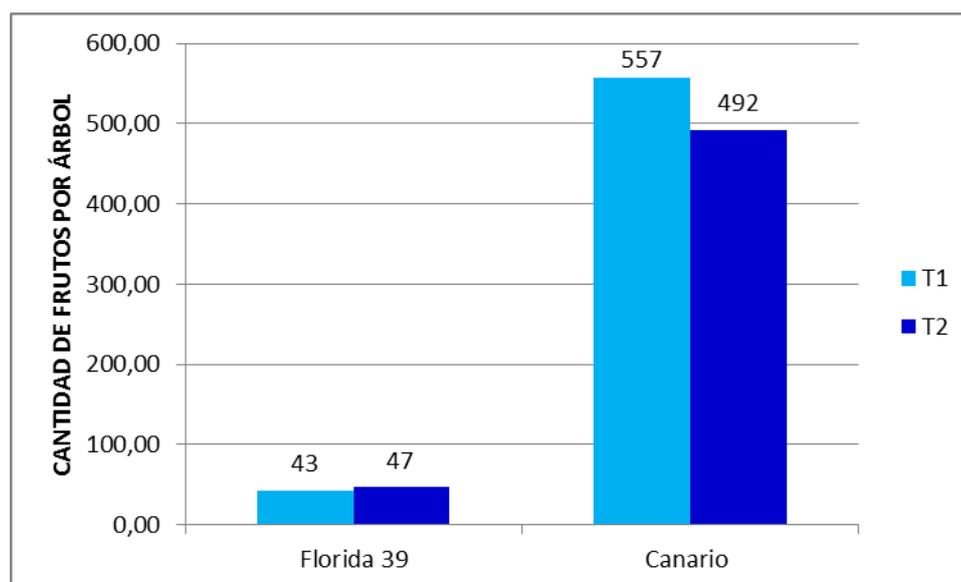
**Tabla 13: Cantidad total de frutos en los tratamientos T1 y T2**

Tratamiento	Cantidad de frutos	CV	Análisis de varianza
<b>Florida 39</b>			
T1 (SPZR)	43 a	34,51 %	ns
T2 (Control)	47 a		
<b>Canario</b>			
T1 (SPZR)	557 a	34,19 %	ns
T2 (Control)	492 a		

Valores medios con la misma letra no tienen diferencias significativas para la prueba de Tukey

CV: Coeficiente de variación

ns: No significativo



**Figura 38: Cantidad total de frutos en los tratamientos T1 y T2**

#### 4.5.2 Rendimiento

El rendimiento obtenido en la variedad Florida 39 fue de 5,53 Kg/árbol en el tratamiento 1 (T1) y 6,41 Kg/árbol en el tratamiento 2 (T2), siendo este último mayor en un 16 por ciento. Mientras que en la variedad Canario el rendimiento fue de 22,91 Kg/árbol con T1 y 20,76 Kg/árbol con T2, siendo 10,3 por ciento menor, no encontrándose diferencias significativas entre los rendimientos de cada tratamiento, en ninguna de las dos variedades (Ver tabla N° 16).

En general se puede decir que los valores de producción entre los tratamientos de riego (SPZR y control) fueron estadísticamente similares entre sí, por lo que no hubo efectos negativos del riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces sobre la producción de la cosecha, coincidiendo con los resultados de Alarcón et al., 2006, y a diferencia del ensayo de Abrisqueta, 2010, en el cual la producción del tratamiento del riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces fue significativamente menor que en el tratamiento de riego control, considerando que en éstos dos últimos casos el SPZR (al 50 por ciento de la ETc) se aplicó durante todo el ciclo vegetativo, mientras que en nuestro caso el riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces se aplicó sólo hasta el inicio de la fase 3 del crecimiento del fruto, luego se regó al 100 por ciento de la ETc, es decir que se controló el déficit hídrico según los períodos no críticos del cultivo (Chalmers et al., 1981; Li et al., 1989 Chalmers et al., 1981).

Así también, se coincide con los resultados obtenidos en un segundo ensayo realizado en la misma parcela de los árboles de duraznos con riego deficitario controlado (RDC donde se tuvo una restricción del riego en un 25 por ciento en la fase I y 50 por ciento en la fase II, sin aplicación de un riego de secado parcial de la zona de raíces) donde se concluyó que el rendimiento del tratamiento RDC no fue significativamente diferente al del tratamiento control en ambas variedades, Florida 39 y Canario.

Es de resaltar que los rendimientos de los árboles de durazno fueron bajos debido a ser la primera campaña después de realizarse los injertos, además el rendimiento en

la variedad Florida fue mucho menor a la variedad Canario, esto se debe a factores tales como la diferencia entre variedades, ya que según el estudio realizado por el Programa Nacional de Investigación de Fruticultura – INIA (1993) se observó que en árboles con edad de alta producción, la variedad Florida presentó un rendimiento menor con 16 Tn/ha respecto a la variedad Canario que tuvo 19,5 Tn/ha. Así también, se observó un alto porcentaje de caída de yemas florales en la variedad Florida 39.

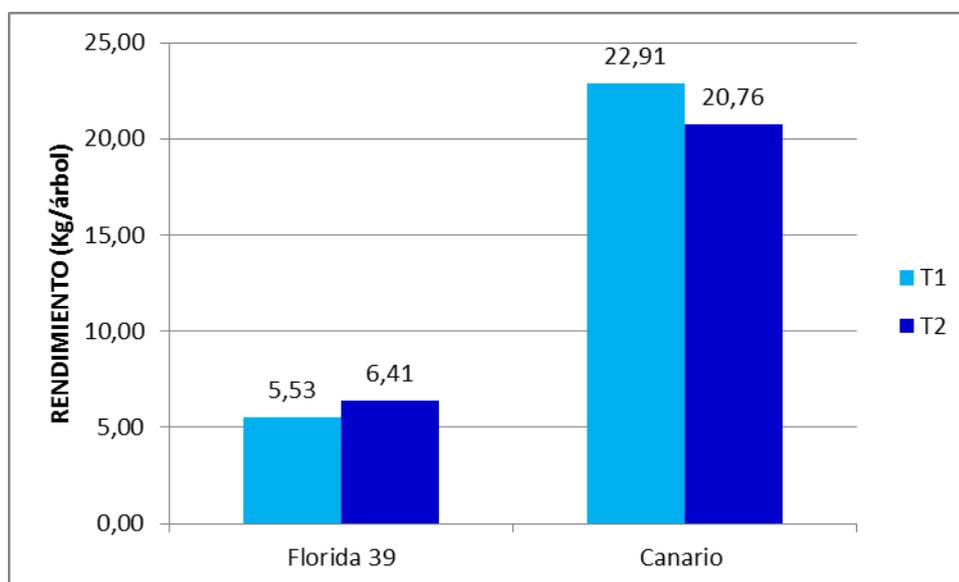
**Tabla 14: Rendimiento (Kg/árbol o Tn/ha) de cosecha en los tratamientos**

Tratamiento	Rendimiento		CV	Análisis de varianza
	Kg/árbol	Tn/ha (marco de plantación 4mx5m)		
<b>Florida 39</b>				
T1 (SPZR)	5,53 a	2,77	30,63 %	ns
T2 (Control)	6,41 a	3,21		
<b>Canario</b>				
T1 (SPZR)	22,91 a	11,46	36,34 %	ns
T2 (Control)	20,76 a	10,38		

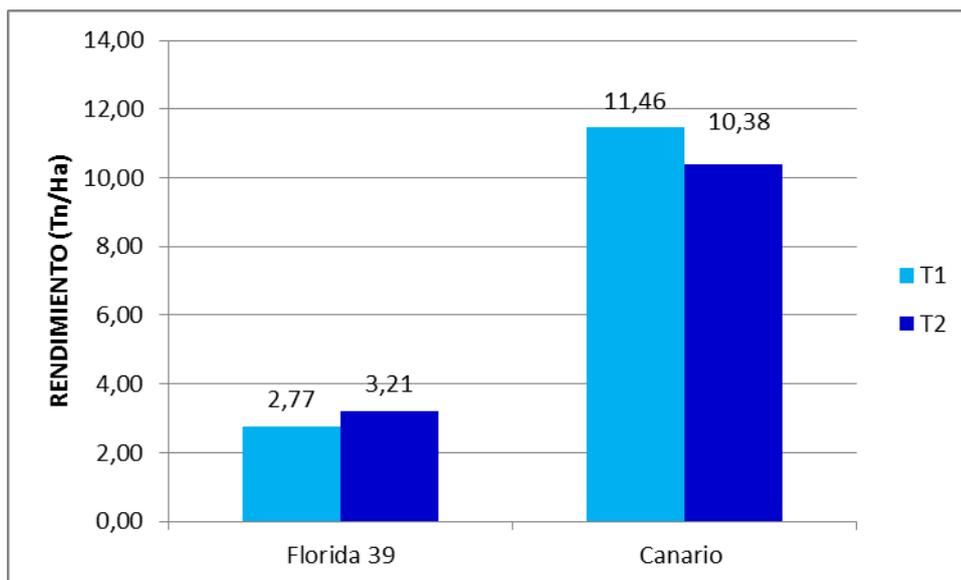
Valores medios con la misma letra no tienen diferencias significativas para la prueba de Tukey

CV: Coeficiente de variación

ns: no significativo



**Figura 39: Rendimiento (Kg/árbol) de la cosecha en los tratamientos T1 y T2**



**Figura 40: Rendimiento (Tn/ha) de la cosecha en los tratamientos T1 y T2**

#### 4.5.3 Peso y tamaño promedio de frutos

Para evaluar la calidad de producción se realizó medidas de las características físicas de los frutos correspondientes a sus diámetros longitudinales y el peso fresco.

En cuanto al peso promedio del fruto no hubo diferencias significativas entre el tratamiento 1 (SPZR) y el tratamiento control, puesto que la variedad Florida 39 obtuvo pesos promedios de fruto en 129,01 gr con T1 y 141,44 gr con T2, mientras que en la variedad Canario los pesos fueron de 43,61 gr y 56,03 gr en T1 y T2 respectivamente (Ver tabla N° 14).

El diámetro promedio de frutos tampoco tuvo diferencias significativas entre ambos tratamientos de riego, siendo en la variedad Florida 39 de 5,94 cm con T1 y 6,15 cm con T2; y en la variedad Canario 4,41 cm con T1 y 4,73 cm con T2 (Ver tabla N° 15).

Sin embargo, se observa que en ambas variedades el peso y tamaño promedio del fruto fue numéricamente mayor con el tratamiento 2 o control, aunque ello no es significativo estadísticamente. Ello se podría considerar en cuanto a la predicción del impacto respecto a la concentración de sólidos solubles, parámetro que no fue

cuantificado en el presente estudio, pero que ha sido referido ampliamente por Buendía et al. (2008) y Gelly et al. (2004) con respuestas favorables al aplicar el déficit hídrico en el cultivo de durazno, pudiendo ser ello debido a lo que menciona Hubbard et al. (1990) sobre el efecto de la relación fuente-sumidero en el contenido de azúcares de las frutas (lo cual está bien documentado en la literatura), que la mayoría de plantas con grandes superficies de área foliar tienen una capacidad fotosintética mayor a una determinada carga de frutas, lo cual se traduce en mayores niveles de sólidos solubles de sus frutas.

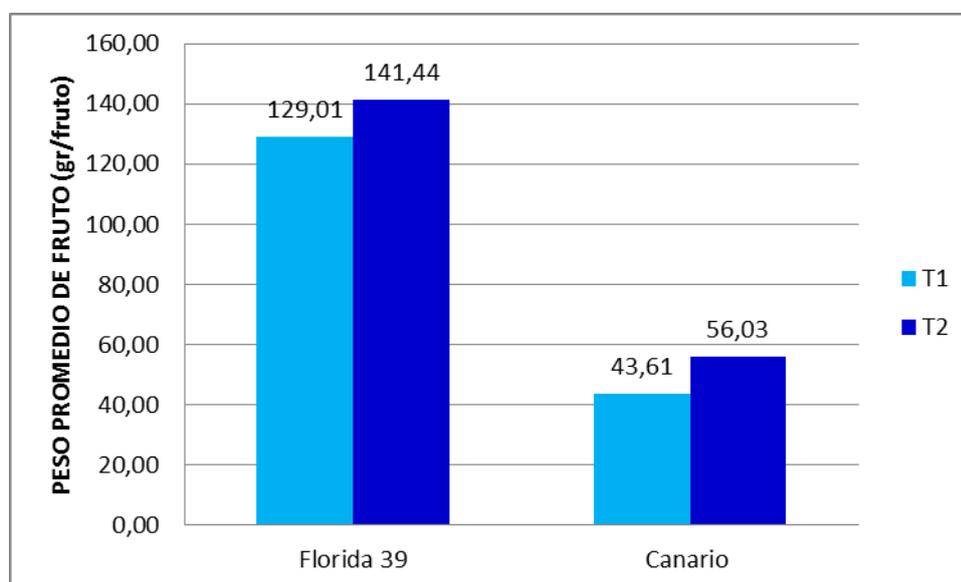
**Tabla 15: Peso medio de frutos (gr) en los tratamientos T1 y T2**

Tratamiento	Peso promedio de frutos (gr)	CV	Análisis de varianza
<b>Florida 39</b>			
T1 (SPZR)	129,01 a	9,58 %	ns
T2 (Control)	141,44 a		
<b>Canario</b>			
T1 (SPZR)	43,61 a	37,58 %	ns
T2 (Control)	56,03 a		

Valores medios con la misma letra no tienen diferencias significativas para la prueba de Tukey

CV: Coeficiente de variación

Ns: no significativo



**Figura 41: Peso medio de frutos (gr) en los tratamientos T1 y T2**

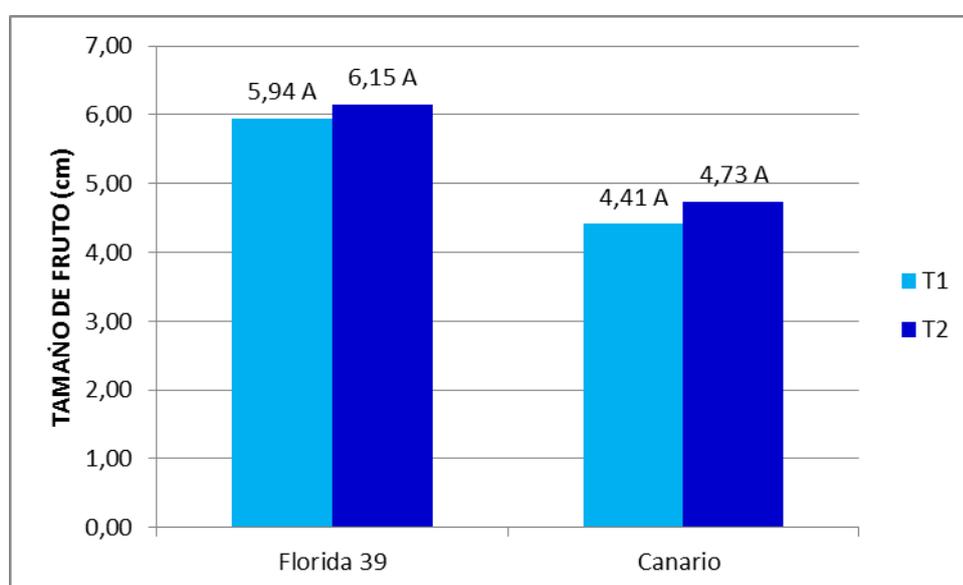
**Tabla 16: Diámetro medio (cm) de frutos en los tratamientos T1 y T2**

Tratamiento	Diámetro de frutos (cm)	CV	Análisis de varianza
<b>Florida 39</b>			
T1 (SPZR)	5,94 a	3,07 %	ns
T2 (Control)	6,15 a		
<b>Canario</b>			
T1 (SPZR)	4,41 a	9,94 %	ns
T2 (Control)	4,73 a		

Valores medios con la misma letra no tienen diferencias significativas para la prueba de Tukey

CV: Coeficiente de variación

ns: no significativo



**Figura 42: Diámetro medio de fruto (cm) en los tratamientos T1 y T2**

#### 4.5.4 Distribución de tamaño de frutos

La calidad de la cosecha se evaluó mediante la distribución de calibres de los frutos en cuatro categorías en función del diámetro, según la clasificación comercial referida por Alza y col., 2000.

En la variedad Florida 39, se observa que con ambos tratamientos se obtuvo el mayor porcentaje de melocotones en la categoría Extra, siendo en T2 el 58,03 por ciento del total de la producción y en T1 el 49,46 por ciento, cabe resaltar que con T2 la cantidad de melocotones de categoría Extra fue mayor en alrededor de 10 por ciento. Analizando sólo el tratamiento 1, el porcentaje que le sigue con 30,61 por

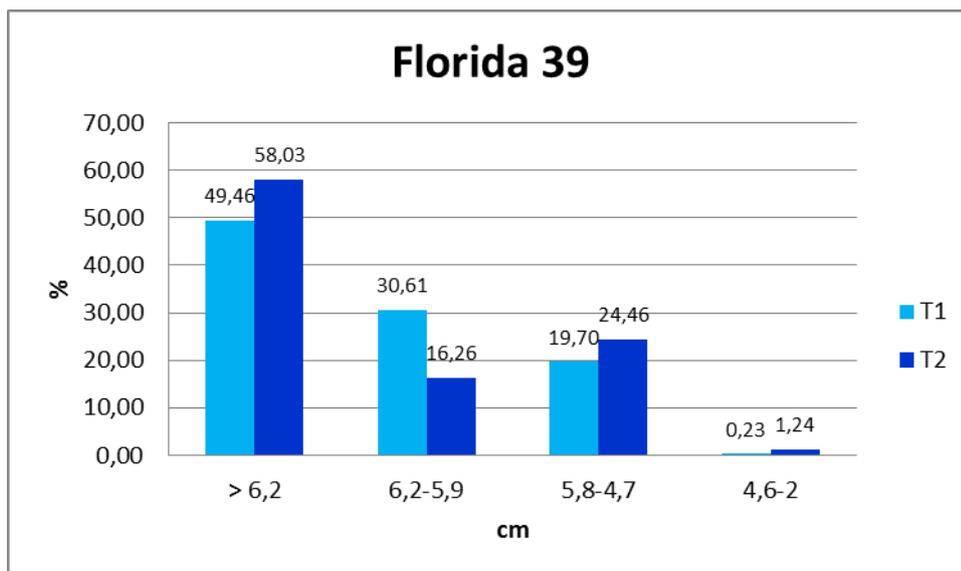
ciento es el de la categoría I y en tercer lugar con un 19,7 por ciento se tuvo a la categoría II; en cuanto a los árboles del tratamiento 2, como segundo grupo en mayor porcentaje con 24,46 por ciento es el de la categoría II y en tercer lugar estuvo la categoría I con tan sólo un 16,26 por ciento de la producción total (Ver tabla N° 17). Por lo que se puede deducir que el tratamiento SPZR no tuvo un efecto altamente impactante de forma negativa en la distribución de tamaño de melocotones, aunque como ya se mencionó no se debe obviar que el mayor porcentaje de melocotones de categoría extra se dió con el T2.

En la variedad Canario, al observar la distribución de melocotones por tamaño, se presenta una tendencia de mayor porcentaje de melocotones más grandes en el T2, pues con este tratamiento se tuvo ligeramente una mayor cantidad de melocotones de las categorías Extra y I; además, se tuvo un 59,23 por ciento de la categoría II y un 36,65 por ciento de la categoría I, al contario de los árboles de T1 que presentaron un 40,08 por ciento de melocotones de la categoría II y un 59,56 por ciento de la categoría I (Ver tabla N° 17).

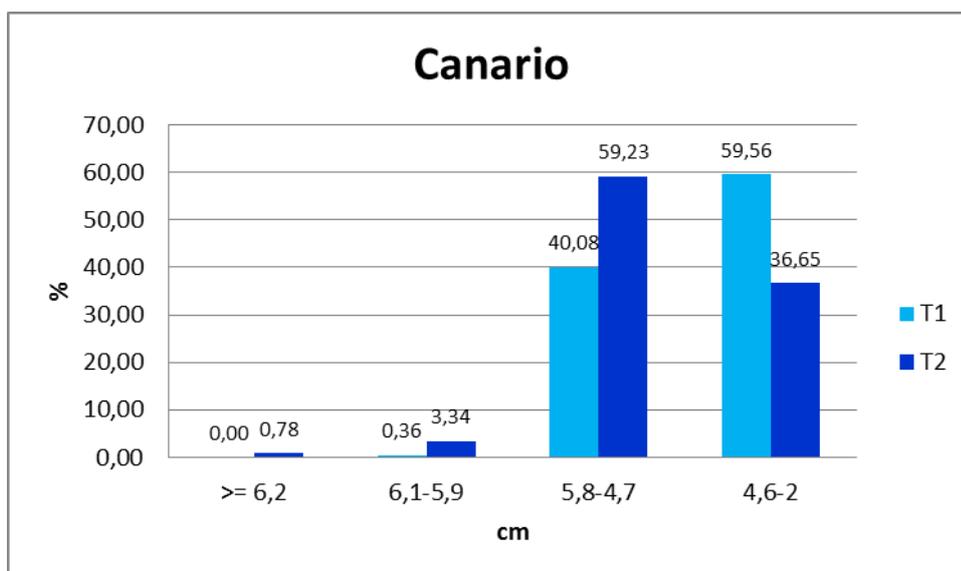
De forma general, tanto en la variedad Florida como en la variedad Canario se observa (figuras 42 y 43) una tendencia a producirse un menor porcentaje de frutos de mayor calibre, con el Tratamiento 1 o SPZR en comparación al tratamiento 2. Esto es cercano a los resultados de Abrisqueta, 2010, en su ensayo del año 2008, donde menciona que los tratamientos deficitarios incluido el riego de secado parcial de la zona de raíces indujeron un menor porcentaje de frutos de mayor calibre (26 por ciento), mientras que en el tratamiento control este porcentaje fue casi el doble (en torno al 50 por ciento).

**Tabla 17: Distribución (%) de frutos en las categorías comerciales de calibre en los tratamientos T1 y T2**

Categoría	Rango de calibre	Florida 39		Canario	
		T1 (SPZR)	T2 (Control)	T1 (SPZR)	T2 (Control)
Extra	> 6,2 cm	49,46 %	58,03 %	0 %	0,78 %
I	6,2 – 5,9 cm	30,61 %	16,26 %	0,36 %	3,34 %
II	5,8 – 4,7 cm	19,70 %	24,46 %	40,08 %	59,23 %
III	4,6 - 2 cm	0,23 %	1,24 %	59,56 %	36,65 %



**Figura 43: Distribución (%) de frutos en las categorías comerciales del calibre en los tratamientos T1 y T2**



**Figura 44: Distribución (%) de frutos en las categorías comerciales del calibre en los tratamientos T1 y T2**

#### 4.6 EFICIENCIA DE USO DE AGUA (EUA)

En la variedad Canario, la eficiencia de uso de agua fue significativamente mayor con el tratamiento de riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces que con el riego control, siendo así en T1 la EUA ( $16,72 \text{ Kg/m}^3$ ) se evidenció hasta en un 60 por ciento mayor con respecto a T2 ( $10,49 \text{ Kg/m}^3$ ); puesto que el volumen de agua de riego utilizado en la variedad Canario, con T1 fue en un 31,05 por ciento

menor que con T2 y se obtuvo una producción similar entre los dos tratamientos. Esto es acorde a las conclusiones de otros autores en frutales bajo condiciones del régimen de riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces (Abrisqueta, 2010; Alarcón et al., 2006) que indican una mejora en la eficiencia de uso de agua.

En el caso de la variedad Florida 39, aunque numéricamente la eficiencia de uso de agua en T1 (5,55 Kg/m<sup>3</sup>) fue mayor que en T2 (4,10 Kg/m<sup>3</sup>), esta diferencia no fue significativa entre los dos tratamientos, debido a que con T1 si bien se aplicó menor cantidad de agua, su rendimiento productivo fue menor al de T2 (aunque esta diferencia de rendimientos no fue significativa); a diferencia de la variedad Canario donde el rendimiento en T1 fue similar o hasta mayor al de T2.

Cabe resaltar que las respuestas de estas dos variedades evaluadas, en cuanto a la EUA, es similar a lo que se obtuvo en un segundo ensayo realizado en la misma parcela de duraznos, con el riego deficitario controlado (RDC, donde se tuvo una restricción del riego en un 25 por ciento en la fase I y 50 por ciento en la fase II, sin la alternancia de riego o secado parcial de la zona de raíces), puesto que en la variedad Canario la EUA también fue significativamente mayor con RDC respecto al riego control y en la variedad Florida no hubo diferencia significativa entre la EUA de RDC y el riego control. Por lo que se vuelve a deducir que esto se debió al bajo rendimiento que tuvo la variedad Florida 39 por la caída de sus yemas florales.

**Tabla 18: Eficiencia de uso de agua en los tratamientos T1 y T2**

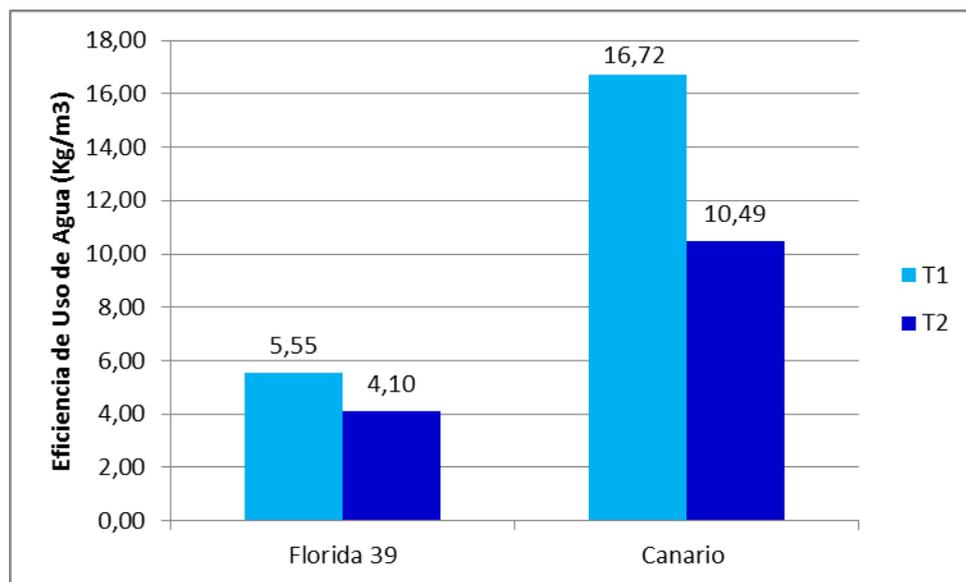
<b>Tratamiento</b>	<b>Eficiencia de uso de agua (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>CV</b>	<b>Análisis de varianza</b>
<b>Florida 39</b>			
T1 (SPZR)	5,55 a	31.37 %	ns
T2 (Control)	4,10 a		
<b>Canario</b>			
T1 (SPZR)	16,72 a	31.99 %	*
T2 (Control)	10,49 b		

Valores medios con la misma letra no tienen diferencias significativas para la prueba de Tukey

CV: Coeficiente de variación

ns: no significativo

\*: significativo



**Figura 45: Eficiencia de uso de agua (Kg/m<sup>3</sup>) en los tratamientos T1 y T2**

## V. CONCLUSIONES

- a. La aplicación del tratamiento de riego SPZR (T1) significó ahorros de agua en más de un 30 por ciento respecto al riego control (T2), en el período de evaluación, tanto en la variedad Florida 39 como en la variedad Canario. El consumo de agua en la variedad Florida 39 fue de 498 m<sup>3</sup>/ha con T1 y de 783,22 m<sup>3</sup>/ha con T2, siendo 36,35 por ciento más respecto al consumo con T1. Así mismo, para la variedad Canario el volumen de agua de riego con T1 fue de 683,11 m<sup>3</sup>/ha y con T2 fue de 990,81 m<sup>3</sup>/ha, consiguiéndose con T1 una reducción de agua de riego en 31,05 por ciento respecto a T2.
- b. La producción de cosecha obtenida con el tratamiento de riego SPZR fue estadísticamente similar a la obtenida con el riego control, por lo que no hubo efectos notablemente negativos de la aplicación del riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces, sobre la producción. El rendimiento de la variedad Canario con T1 fue de 22,91 Kg/árbol y con T2 de 20,76 Kg/árbol; y en el caso de la variedad Florida 39 con T1 se obtuvo 5,53 Kg/árbol y con T2 6,41 Kg/árbol; de igual manera no se obtuvo diferencias significativas con el peso medio, tamaño medio y cantidad de frutos entre los dos tratamientos.
- c. La aplicación del tratamiento de riego deficitario SPZR evidenció una mayor eficiencia de uso de agua (EUA) con respecto al tratamiento control en la variedad Canario, pues con T1 la EUA fue de 18,27 Kg/m<sup>3</sup> y con T2 fue de 10,99 Kg/m<sup>3</sup> (60 por ciento menor), habiendo una diferencia significativa estadísticamente. En la variedad Florida 39, la EUA también fue mayor en T1 con 4,4 Kg/m<sup>3</sup> respecto a T2 con 3,39 Kg/m<sup>3</sup>, aunque esta diferencia no fue significativa estadísticamente.
- d. Respecto a la distribución de duraznos por tamaño, de forma general, se observó una tendencia a producirse un menor porcentaje de frutos de mayor calibre con el

tratamiento de riego deficitario SPZR en comparación al tratamiento control, tanto en la variedad Florida 39 como en la variedad Canario.

- e. El tratamiento deficitario SPZR redujo significativamente el crecimiento vegetativo en ambas variedades del durazno, siendo esto con mayor énfasis en la variedad Florida 39 donde el crecimiento de altura y ancho de copa fueron significativamente menores en T1 con respecto a T2; mientras que en la variedad Canario, también se tuvo menores crecimientos en altura y ancho de copa con T1 respecto a T2, siendo significativamente menor sólo en la variable de crecimiento de ancho de copa.
- f. La reducción de los requerimientos de riego mediante la aplicación de T1, no influyó significativamente en la producción de la cosecha, ya que se corroboró que la fase I siendo un período de activa división celular y de rápido crecimiento del fruto, no fue tan sensible al déficit hídrico, recuperándose el tamaño del fruto al reanudar el riego al 100 por ciento en la fase III del crecimiento del durazno.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- a. Evaluar el tratamiento de riego deficitario SPZR aplicado en períodos no críticos del crecimiento de fruto durante varios años continuos, incluyendo períodos de post cosecha, para observar el efecto acumulado del déficit en la cantidad y calidad de la producción, y comparar los volúmenes anuales de agua de riego.
- b. Realizar un ensayo de comparación de los efectos en la producción de cosecha entre el tratamiento de riego deficitario SPZR y el tratamiento del riego deficitario controlado (con reducción del 50 por ciento de la ETc a ambos lados de la zona de raíces) y evaluar la técnica de mayor eficiencia considerando que el SPZR podría implicar mayor costo de instalación u operación del sistema de riego.
- c. En un ambiente salino la aplicación del riego deficitario SPZR podría ser potencialmente negativo sobre la productividad, por lo que se recomienda adoptar estrategias específicas de riegos de lixiviación, cada cinco o siete turnos, y, realizar un monitoreo de la salinidad del suelo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRISQUETA, I. 2010. Balance hídrico y respuesta del melocotonero extratemprano al riego deficitario. Tesis para optar al grado de Doctora. España, Universidad de Murcia, Facultad de Química. 234 p.
- ALARCÓN, J.J.; TORRECILLAS, A.; SANCHEZ BLANCO, M.J.; ABRISQUETA, JM; VERA, J.; PEDRERO, F.; MAGAÑA, I.; GARCIA – ORELLANA, Y.; ORTUÑO, M.F.; NICOLAS, E.; CONEJERO W.; MOUNZER, O.; RUIZ, M.C. 2006. Estrategias de Riego deficitario en melocotonero temprano. *Vida Rural*, 225:28-32.
- ALLEN, R.; PEREIRA L.; RAES D.; SMITH M. 1998. Evapotranspiración de los cultivos – Guía para calcular los requerimientos de agua para cultivos. Documento 56 de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Roma, Italia. 300 p.
- ALVARADO Q H.; GONZALEZ R., I. 1999. Manual del cultivo de melocotón. Profruta-Maga, Guatemala. 38 p.
- ALZA A, M.; VILLANUEVA M, C.; ALZA A, J. 2000. El cultivo comercial del durazno, en el mercado internacional de las frutas y en el mercado nacional. Lima, Perú.
- ARAUS, J. L.; SLAFER, G. A.; REYNOLDS, M. P.; AND ROYO, C. 2002. Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot-London*, 89: 925–940.

- BARBOSA, W; OJIMA, M; CAMPO, F; PICARELLI, F. 1990. Epoca e ciclo de maturacao de pessegos e nectarinas no estado de Sao Paulo. *Bragantia*, Instituto Agronómico de Campinas, 49 (2): 221-226.
- BUENDIA B.; ALLENDE A.; NICOLAS E.; ALARCON J.J.; GIL M.I. 2008. Effect of regulated déficit irrigation and crop load on the antioxidant compounds of peaches. *J. Agric. Food. Chem.*, 56: 3601-3608.
- CAMBRA, T. 1985. Denominaciones del melocotón. *Boletín Estación Experimental Aula Dei*, 13, 120 p.
- CAMPBELL, D.I.; WILLIANSO, J.L. 1997. Evaporation from a rained peat log. *Journal of Hydrology*, 193 (1/4), 142-160.
- CHALMERS, D.J.; MITCHELL, P.D. Y 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: 307-312.
- CHALMERS, D.J.; MITCHELL, P.D.; JERIE, P.H. 1984. The physiology of growth control of peach and pear trees using reduced irrigation. *Acta Horticulturae*, 146: 143-149.
- COHEN, S.; MORESHET, S.; LE-GUILLOU, L.; SIMON, J.C.; COHEN, M, 1997. Response of citrus trees to modified radiation regime in semi-arid conditions. *Journal of Experimental Botany*, 48 (306): 35-44.
- COLLINS, MJ; BARLOW, EW; KELLEY, G; FUENTES, S. 2008. Water Use Responses of Shiraz Vines under Partial Root Zone Drying in a Water-Limiting Environment. *Proc. V<sup>th</sup> IS on Irrigation of Hort. Crops. Acta Hort*, 792: 179-186.
- CONNORS, C.H. 1919. Growth of fruits of peach. *New Jersey Agricultural Experience Station Annual Report*, 40: 82-88.

- DAVIES, W.J. AND J. ZHANG. 1991. Roots signals and the regulation of growth and development of plant in drying soil. Annual Review of Plant and Physiology. Plant Molecular Biology, 42:55-76.
- DAVIES, W.J.; WILKINSON, S; LOVEYS, B. 2002. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. New Phytol, 153: 449-460.
- DE LA HERA, ML; ROMERO, P; GOMEZ, E; MARTINEZ, A. 2007. Is partial root-zone drying an effective irrigation technique to improve water use efficiency and fruit quality in field –grown wine grapes under semiarid conditions? Agricultural Water Management, 87: 261-274.
- DOS SANTOS, TP; LOPES, CM; RODRIGUEZ, ML; DE SOUZA, CR; MAROCO, JP; PEREIRA, JS; SILVA, JR; CHAVES, MM. 2003. Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*). Funtional Plant Biology, 30: 663-671.
- DRY, P.R.; LOVEYS, B.R.; DURING, H.; BOTTING, B.G. 1996. Effects of partial root-zone drying on grapevine vigour, yield composition of fruit and use of water. Stockley, C.S., Sas, A.N., Johnstone, R.S. y Lee, T.H., (Eds.) Proceedings of 9<sup>th</sup> Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide, Australia, 128-131.
- DRY, P.R. AND LOVEYS, B.R. 1998. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. Australian Journal of Grape and Wine Research, 4: 140-148.
- DRY, P.R. AND LOVEYS, B.R. 1999. Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. Vitis, 38: 51-156.
- DRY, P.R.; LOVEYS, B.R.; DURING, H. 2000B. Partial drying of the root-zone of grape. 2. Changes in the pattern of root development. Vitis, 39: 3-8.

- DRY, P.R.; LOVEYS, B.R.; DURING, H. 2000A. Partial drying of the root-zone of grape. 1. Transient changes in shoot growth and gas exchange. *Vitis*, 39: 3-8.
- DRY, P.R.; LOVEYS, B.R.; MCCARTHY, M.G.; STOLL, M. 2001. Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 35:129-139.
- ESCOBEDO, JA. 1995. Curso de Fruticultura General. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- FACI, J.M. Y MARTINEZ-COBB, A. 1993. Necesidades de riego. Determinación en las plantaciones de frutales del Valle del Ebro. *Hortofruticultura*, 4: 47-52.
- FAGERIA, NK; BALIGAR, VC; CLARK, RB. 2006. Physiology of crop production. Primera edición. 153-175.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2008. [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)
- FERERES, E. 1978. Irrigation of almond. En: *Almond orchard Management* (Micke, W. y Kester, D. Eds.). Division of Agricultural Science, University of California, 71-76.
- FERNANDEZ, E. Y CAMACHO, F. 2005. Eficiencia en el uso del agua. *Revista Viveros*, Universidad de Almería en España, 86-89.
- FIDEGHELLI, C. 1986. El melocotonero. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 243 p.
- GELLY, M.; RECASENS, I.; GIRONA, J.; MATA, M.; ARBONES, A.; RUFAT, J.; MARSAL, J. 2004. Effects of stage II and postharvest deficit irrigation on peach quality during maturation and after cold storage. *J. Sci. Food Agric.*, 84: 561-568.
- GILL, K.S.; GAJRI, P.R.; CHAUDHARY, M.R. 1996. Tillage, mulch and irrigation effects on corn (*Zea mays* L.) in relation to evaporative demand. *Soil & Tillage Research*, 39, 213-227.

- GOLDHAMER, DA; SALINAS, M; CRISOSTO, C; DAY, KR; SOLER, M; MORIANA, A. 2002. Effects of Regulated Deficit Irrigation and Partial Root Zone Drying on Late Harvest Peach Tree Performance. Proc. 5<sup>th</sup> IS on Peach. Acta Hort. 592 ISHS. 343-350.
  
- GRATACÓS, NE. 2006. El Cultivo del duraznero *Prunus persica* (L.) Batsch. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso – Facultad de Agronomía, Chile. <http://www.profesores.ucv.cl/egratacos/Apunte%20Duraznero.pdf>
  
- GU, S; DU, G; ZOLDOSKE, D; HAKIN, A; COCHRAN, R; FUGELSANG, K; JORGENSEN, G. 2004. Effect of irrigation amount on water relations, vegetative growth, yield, and fruit composition Sauvignon Blanc grapevines under partial rootzone drying and conventional irrigation in San Joaquin Valley of California, USA. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 79 p.
  
- HUBBAR, N.L.; PHARR D.M.; HUBER, S.C. 1990. Sugar metabolism in ripening muskmelon fruit as affected by leaf area. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115:798- 802.
  
- INTRIGLIOLO, D.S., CASTEL, R. 2006a. Performance of various water stress indicators for prediction of fruit size response to deficit irrigation in plum. *Agric. Water Manage*, 83: 173-180.
  
- JONES H.G. 1992. *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*, 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press.
  
- JOVANOVIC, Z; STIKIC, R; VUCELIC, B; PAUKOVIC, M; BROVIC, Z; MATOVIC, G; ROVCANIN, S; MOJEVIC, M. 2010. Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in field potatoes. *European Journal of Agronomy*, 33: 124-131.

- KANG, S.; LIANG, Z.; HU, W. AND ZHANG, J. 1998. Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plant, *Agricultural Water Management*, 38: 69-76.
- KANG S. AND ZHANG J. 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency *Journal of Experimental Botany*, 55: 2437-2446.
- LAMBERS, H.; STUART-CHAPIN III, F.; PONS, T.L. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- LEIB, BG.; CASPARI, HW.; ANDREWS, PK; REDULLA, CA; JABRO, DJ; STRAUSZ, D. 2004. Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying Compared in Fuji Apples: Fruit Yield, Fruit Quality and Soil Moisture Trends. The Canadian Society for Engineering in Agricultural, Food and Biological Systems. An ASAE/CSAE Meeting Presentation, No. 042284.
- LEON, A.; DEL AMOR, F.; TORRECILLAS, 1987. El riego en la Región de Murcia. Apuntes para una historia reciente. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. 27 p.
- LEUNG, J. AND GIRAUDAT. J. 1998. Abscisic acid signal transduction. *Ann. Rev. plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49: 199-222.
- LI, S.H.; HUGUET, J.G. 1989. Production, qualité des fruits et croissance de pechers soumis á différents régimes d'alimentation hydrique. *Fruits*, 44: 225-232.
- LI, S.H.; HUGUET, J.G.; SCH CH, P.G.; ORLANDO, P. 1989b. Response of peach tree growth and cropping to soil water deficit at various phenological stages of fruit development. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 64: 541-552.
- LIU, F; SHAHNAZARI, A; ANDERSEN, MN; JACOBSEN, SE; JENSEN, CR. 2006. Physiological responses of potato (*solanum tuberosum* L.) to partial root-

- zone drying: ABA signaling, leaf gas exchange and water use efficiency. *Dinamarca. Journal of Experimental Botany*, 3727-3735.
- LOVEYS, B.R.; GRANT, W.J.R.; DRY, P.R. AND MCCARTHY, M.G. 1997. Progress in the development of partial root-zone drying. *The Australian Grapegrower and Winemaker*, 403: 18-20.
  - LOVEYS, B.R.; STOLL, M.; DRY, P.R. AND MCCARTHY, M.G. 1998. Partial root-zone drying stimulates stress responses in grapevine to improve water use efficiency while maintaining crop yield and quality. *The Australian Grapegrower and Winemaker*, 414a: 108-113.
  - LOVEYS, B.R.; STOLL, M.; DRY, P.R.; MCCARTHY, M.G. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta Horticulturae*, 537:187-197.
  - MARSAL, J; MATA, M; AMADEU, J; VALLVERDÚ, X; GIRONA, J; OLIVO, N. 2008. Evaluation of partial root-zone drying for potencial field use as a deficit irrigation technique in comercial vineyards according to two different pipeline layouts. *Irrig Sci*, 26: 347-356.
  - MITCHELL, P.K. AND CHALMERS, D.J. 1982. The effects of reduced water supply on peach tree growth and yields. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107: 853-856.
  - NILSEN E.T. AND ORCUTT D.M. 1996. *The physiology of plants under stress*. Wiley. New York, NY, EE UU., 689 p.
  - OJIMA, M.; RIGITANO, O.; DALL'ORTO, F.A.C.; SCARANARI, H.J.; MARTINS, F.P. & TOMBOLATO, A.F.C. 1982. 'Catufba' e 'Canário' – novos cultivares de pêssegos amarelos para mesa. Instituto Agronômico de Campinas, Brasil. 10 p. (Boletim técnico, 73)  
[http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/resultados\\_quantitativos\\_view.php?pesquisa=P%C3%AAssego](http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/resultados_quantitativos_view.php?pesquisa=P%C3%AAssego)

[http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/frutas/frutiferas\\_cont.php?nome=P%C3%AAssego](http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/frutas/frutiferas_cont.php?nome=P%C3%AAssego)

- OLMSTEAD M.; CHAPARRO J.; ANDERSON P.; WILLIAMSON J.; AND FERGUSON J.; 1995. Florida Peach and Nectarine Varieties. Horticultural Sciences Department, UF/IFAS (The Institute of Food and Agricultural Sciences). University of Florida. USA.
- PASSIOURA JB. 1996. Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation*, 20: 79-83.
- PEDRO, M; BARBOSA, W; DE SOUZA, G; LOPEZ, JAIRO; 2007. Época de florescimento e horas de frio para pessegueiros e nectarineiras. *Rev. Bras. Frutic.* Vol. 29 N° 3. Instituto Agronômico de Campinas, Brasil.
- PONI, S; BERNIZZONI, F; CIVARDI, S. 2007. Response of “Sangiovese” grapevines to partial root-zone drying: Gas-exchange, growth and grape composition. *Scientia Horticulturae*, 114:96-103.
- PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE FRUTICULTURA. 1993. Logros y avances de investigación. Dirección General de Investigación Agraria, INIA, Lima, Perú. 22:45.
- RICHARDS, D. AND ROWE, R. 1977. Effects of root restriction, root pruning and 6-benzylamino-purine on the peach seedlings. *Ann Bot.*, 41:729-740.
- RODRIGUEZ, R. 1969. Cultivo del duraznero. Boletín N° 5. Ministerio de Agricultura y Pesquería del Perú, 1-82.
- SANCHEZ BLANCO M.J. Y TORRECILLAS A. 1995. Riego Deficitario Controlado, Fundamentos y Aplicaciones. España. 66 p.
- SCHACHTMAN, DP; GOODGER, JQ. 2008. Chemical root to shoot signaling under drought. *Trends in Plant Science*. 13 (6).

- SHERMAN, W.B.; LYRENE, P.M. AND SHARPE, R.H. 1996. Low-chill nectarine peach and breeding at the University of Florida. Horticultural Sciences Department University of Florida, Gainesville.  
<http://fshs.org/proceedings-o/1996-vol-109/222-223%20%28SHERMAN%29.pdf>
- SINCLAIR, T.R.; TANNER, C.B.; BENNETT, J.M. 1984. Water-use efficiency in crop production. *BioScience*, 34: 36-40.
- SLAFER, G.A. AND RAWSON, H.M. 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Aust. J. Plant Physiol*, 21: 393–426.
- SPREER, W; ONGPRASERT, S; HEGELE, M; WUNSCHE, JN; MULLER, J. 2009. Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica* L. cv. Chok Anan) under different irrigations regimes. *Agricultural Water Management*, 96: 574-584.
- STOLL, M.; LOVEYS B. AND DRY, P. 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot*, 51: 1627-1634.
- SWISSCONTACT PERÚ, 2009. Guía Técnica del cultivo del melocotonero.  
[http://web01.swisscontact.vserver.apexis.ch/fileadmin/documents/Peru/FOLLETO\\_CHEVES\\_MELOCOTON\\_9\\_YRMA\\_20120822.pdf](http://web01.swisscontact.vserver.apexis.ch/fileadmin/documents/Peru/FOLLETO_CHEVES_MELOCOTON_9_YRMA_20120822.pdf)
- TAIZ, L. AND ZEIGER, E. 2002. *Plant Physiology*. 3 ed. Capítulo 25, p. 591-602.
- TAMBUSI, E. A. 2004. Fotosíntesis, fotoprotección, productividad y estrés abiótico: algunos casos de estudio. Memoria presentada para optar al grado de Doctor en Biología. Universidad de Barcelona. España. 203 p.
- TORRECILLAS, A.; DOMINGO, R.; GALEGO, R.; RUIZ-SANCHEZ, M.C. 2000. Apricot tree response to irrigation withholding at different phenological periods. *Scientia Horticulturae*, 85: 201-215.

- ZEGBE, J. A.; BEHBOUDIAN, M. H.; LANG, A.; CLOTHIER, B. E. 2007. Respuesta del manzano cv. 'Pacific Rose™' al riego parcial de la raíz. Revista Chapingo serie Horticultura, 13(1): 43–48.
- ZEGBE, J. A. AND SERNA-PEREZ, A. 2009. Partial rootzone drying improves water productivity of apples in a semi–arid environment. Revista Chapingo serie Horticultura, 15 (2).
- ZHANG, J. AND TARDIEU F. 1996. Relative contribution of apices and mature tissues to ABA synthesis in droughted maize root system. Plant and Cell Physiology, 37: 598-605.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1. Datos meteorológicos de la Estación Experimental Alexander Von Humboldt (1994 – 2005)

#### Temperatura máxima (°C)

Año/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>1994</b>	26,40	27,30	27,70	26,20	22,50	19,40	19,60	18,60	20,80	21,30	22,40	24,80
<b>1995</b>	27,50	28,80	28,50	25,70	24,70	21,30	18,30	18,50	19,30	20,70	22,70	25,20
<b>1996</b>	27,10	28,40	27,90	25,50	22,40	17,70	18,20	19,00	19,50	20,90	21,90	24,80
<b>1997</b>	27,00	28,70	28,70	26,20	25,70	25,10	24,60	13,60	23,70	23,80	25,60	28,10
<b>1998</b>	29,90	31,10	31,40	29,60	20,40	18,40	17,00	15,90	20,40	17,10	18,50	25,20
<b>1999</b>	27,30	28,80	28,60	26,20	24,30	20,70	16,90	19,40	20,10	22,10	23,00	24,70
<b>2000</b>	26,60	28,10	28,60	27,00	23,50	19,50	18,10	18,90	19,60	21,70	23,10	25,00
<b>2001</b>	27,60	29,30	30,10	27,40	22,80	18,60	18,20	18,80	19,70	21,00	22,80	24,90
<b>2002</b>	27,00	29,10	26,80	26,80	24,70	19,60	17,20	17,60	19,80	22,00	22,70	25,00
<b>2003</b>	26,80	29,30	28,80	26,20	23,30	20,50	19,80	19,30	19,70	22,10	23,90	25,10
<b>2004</b>	27,70	29,10	28,90	27,00	23,30	18,80	19,30	19,20	20,30	22,00	22,80	25,60
<b>2005</b>	27,92	28,30	28,30	26,95	22,05	18,75	18,59	19,40	18,20	21,35	22,35	23,70

#### Temperatura mínima (°C)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>94</b>	19,10	19,80	19,50	17,60	15,60	12,60	12,30	12,30	13,30	14,20	15,00	17,40
<b>95</b>	19,50	20,00	19,60	17,30	15,40	13,70	13,60	13,20	14,20	14,40	16,00	16,30
<b>96</b>	18,60	19,60	18,80	16,80	14,70	13,50	12,50	13,50	13,40	14,00	14,70	17,10
<b>97</b>	19,30	19,90	19,80	18,30	18,00	19,00	19,00	18,80	18,10	17,20	18,80	21,10
<b>98</b>	23,00	23,50	22,50	20,10	17,80	16,60	15,40	14,30	14,10	14,80	16,00	17,20
<b>99</b>	18,30	21,00	19,80	17,80	15,20	13,70	13,60	13,90	13,60	14,50	15,20	16,80
<b>2000</b>	19,40	19,90	19,10	18,40	18,10	14,60	14,20	14,10	13,80	14,60	14,30	17,30
<b>2001</b>	19,00	20,60	19,50	18,30	15,50	13,90	13,40	13,40	12,10	14,10	16,50	16,50
<b>2002</b>	18,20	20,00	20,70	18,70	16,00	13,80	13,70	13,50	13,80	14,80	16,00	17,10
<b>2003</b>	19,60	20,70	19,40	16,60	15,50	13,40	14,00	13,40	13,80	14,60	15,80	17,70
<b>2004</b>	19,20	20,00	19,40	17,10	13,80	13,30	13,40	13,00	14,30	14,40	16,20	17,80
<b>2005</b>	19,7	19,6	18,8	17,5	14,7	13,3	13,8	13,97	13,1	14,677	14,3	17,716

**Humedad relativa (%)**

<b>Año</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>94</b>	80,00	77,00	75,00	80,00	86,00	88,00	87,00	88,00	86,00	85,00	84,00	83,00
<b>95</b>	81,00	76,00	74,00	79,00	80,00	90,00	88,00	88,00	88,00	86,00	84,00	87,00
<b>96</b>	72,00	71,00	75,00	78,00	84,00	92,00	89,00	88,00	88,00	86,00	86,00	82,00
<b>97</b>	80,00	74,00	78,00	83,00	82,00	80,00	79,00	83,00	85,00	84,00	81,00	80,00
<b>98</b>	81,00	82,00	79,00	80,00	85,00	90,00	90,00	93,00	90,00	86,00	82,00	83,00
<b>99</b>	81,00	79,00	84,00	91,00	92,00	93,00	94,00	88,00	87,00	85,00	82,00	81,00
<b>2000</b>	86,00	76,00	73,00	72,00	86,00	88,00	95,00	93,00	91,00	88,00	86,00	83,00
<b>2001</b>	81,00	76,00	70,00	83,00	88,00	92,00	94,00	91,00	85,00	89,00	90,00	83,00
<b>2002</b>	78,30	76,60	73,20	82,20	84,70	88,20	92,00	93,20	89,00	85,40	85,00	83,00
<b>2003</b>	84,00	80,00	80,00	81,00	86,00	86,00	89,00	89,00	89,00	84,00	82,00	85,00
<b>2004</b>	77,00	76,00	74,00	81,00	83,00	91,00	88,00	89,00	87,00	85,00	85,00	81,00
<b>2005</b>	78,04	76,59	75,40	80,13	85,01	90,52	87,84	87,25	89,09	87,00	82,30	82,90

**Horas de sol mensual**

<b>Año</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>94</b>	147,3	156,1	243,5	220,9	162,3	95,7	80,7	81,0	155,9	116,0	135,9	148,5
<b>95</b>	143,0	198,8	329,0	225,0	224,0	221,0	58,8	69,8	69,8	70,8	135,0	162,0
<b>96</b>	210,3	202,9	210,8	256,9	221,4	38,9	74,3	98,6	85,5	162,2	140,2	202,1
<b>97</b>	189,1	224,0	271,0	217,0	167,0	105,0	92,8	89,0	62,5	89,7	96,2	67,3
<b>98</b>	71,5	108,1	161,0	226,2	140,0	92,7	84,1	53,2	106,0	148,6	155,6	159,0
<b>99</b>	171,0	108,0	196,0	230,6	228,1	116,6	85,6	130,2	159,2	130,7	143,5	150,2
<b>2000</b>	238,4	207,2	206,0	210,7	190,3	62,2	34,4	64,5	139,0	158,0	225,0	187,7
<b>2001</b>	155,6	166,8	230,2	234,1	115,3	22,5	29,0	61,3	95,1	161,2	230,0	196,6
<b>2002</b>	209,0	148,7	207,3	148,0	125,0	55,4	5,8	22,0	82,2	110,5	117,7	140,3
<b>2003</b>	124,3	179,4	225,2	252,6	172,9	118,5	87,1	82,2	90,9	168,5	182,1	141,0
<b>2004</b>	219,0	170,6	241,2	239,6	214,6	52,1	93,5	103,4	105,6	158,4	133,3	189,1
<b>2005</b>	203,6	199,1	219,8	255,0	166,5	52,1	78,3	78,7	67,2	140,7	179,8	87,1

**Velocidad del viento (m/s)**

<b>Año</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>2000</b>	1,6	2,4	1,4	1,4	2,0	1,2	1,3	1,0	1,6	1,5	1,6	1,7
<b>2001</b>	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3	1,0	0,9	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3
<b>2002</b>	1,3	1,1	1,2	1,1	0,9	0,7	0,8	0,8	1,0	0,0	0,0	0,9
<b>2003</b>	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,8	1,9	1,9	1,6	1,8	2,3	1,9
<b>2004</b>	2,1	1,9	2,6	1,5	1,2	1,0	1,3	1,4	1,3	1,6	1,5	1,8
<b>2005</b>	1,4	1,9	1,2	1,9	1,0	1,0	1,1	0,4	1,1	1,2	1,3	1,1

**Promedio mensual de parámetros climáticos (1994 - 2005)**

<b>Parámetro/Mes</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>Temperatura máx (°C)</b>	27,40	28,86	28,69	26,73	23,30	19,86	18,82	18,18	20,09	21,34	22,65	25,18
<b>Temperatura mín (°C)</b>	19,41	20,38	19,74	17,87	15,86	14,29	14,07	13,95	13,96	14,69	15,74	17,50
<b>Humedad Relativa (%)</b>	79,95	76,68	75,88	80,86	85,14	89,06	89,40	89,20	87,84	85,87	84,11	82,82
<b>Viento (Km/hora) 2000-2005</b>	131,77	143,63	132,45	121,97	109,06	96,02	104,49	97,73	113,89	107,54	116,56	124,68
<b>Horas Sol diario</b>	5,60	6,16	7,37	7,55	5,72	2,87	2,16	2,51	3,39	4,34	5,21	4,92
<b>Precipitación total mensual (mm) 2004-2005</b>	0	0,4	0	0	0	1,2	1,4	1,4	1,45	0	0,3	0

ANEXO 2. Análisis de suelo



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIGACIÓN**



Av. La Molina s/n. Teléfono: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe N° 003286

**ANÁLISIS DE SUELO CARACTERIZACIÓN**

SOLICITANTE : Área Demostrativa Durazno DRH  
 PROCEDENCIA : UNALM  
 FECHA : La Molina, 31 de Agosto del 2010

Lab.	Número de muestra Campo	CE dS/m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K <sub>2</sub> O ppm	CaCO <sub>3</sub> %	Cationes Cambiables				
			Arena %	Limo %	Arcilla %						ClC	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
3286	Prof. 50 cm.	0.70	44.70	27.98	27.31	7.84	0.74	163.00	3.60	29.81	27.68	1.55	0.26	0.33	



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO  
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ  
 JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO 3. Análisis de agua**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**  
**LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIGACIÓN**

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147600 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



**Nº 002278**

**ANALISIS DE AGUA RUTINA**

SOLICITANTE : ÁREA DEMOSTRATIVA DRH (Durazno)  
 PROCEDENCIA : UNALM  
 FECHA : La Molina, 06 de Setiembre del 2010

N° LABORATORIO	002278
N° DE CAMPO	AGUA DE RESERVORIO
CE dSm	0.63
pH	7.68
Calcio meq/l	4.52
Magnesio meq/l	0.74
Sodio meq/l	1.26
Potasio meq/l	0.09
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>6.61</b>
Cloruro meq/l	0.73
Sulfato meq/l	2.96
Bicarbonato meq/l	2.81
Nitratos meq/l	0.02
Carbonatos meq/l	0.06
<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>6.60</b>
SAR	0.77
CLASIFICACION	C2-51
Boro ppm	0.38

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ  
JEFE DE LABORATORIO



**ANEXO 4. Programa de Manejo Agronómico (Agosto 2010 - Enero2011) en la Parcela Experimental**

Actividad	Meses									
	ene-11	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10
Agoste										
Riego pesado										
Riego (Tratamientos)										
Fertirriego										
Aplicación de abono foliar										
Aplicación de insecticida										
Poda de formación										
Lavado de plantas c/detergente agrícola										
Control fitopatológico										
Desmalezado										
Poda de fructificación										
Raleo										

## ANEXO 5. Plan de abonamiento

- Dosis de fertilización: 110-40-120 10-40 (N-P- K Ca-Mg)
- Método de aplicación: Fertirrigación
- Fertilizantes utilizados:
  - N: Nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) con 33% de Nitrógeno (sólido)
  - P: Ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) con 75% de ácido y 54% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (líquido, densidad 1,57 gr/ml)
  - K: Sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) con 50% de  $\text{K}_2\text{O}$  (sólido)
  - Mg: Sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) con 16% de Mg (sólido)
  - Ca: Nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) con 15,5% de Nitrógeno y 26% de CaO (sólido)

### • Cantidades aplicadas

- Nitrógeno:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  con 33% de N

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ Kg de } \text{NH}_4\text{NO}_3 & \text{_____} & 33 \text{ Kg de nitrógeno} \\ X & \text{_____} & 110 \text{ Kg de nitrógeno} \end{array}$$

$$X = 333,33 \text{ Kg de } \text{NH}_4\text{NO}_3/\text{Ha}$$

Para 01 parcela (81 plantas):

Considerando 400 plantones/Ha

$$(333,33 \times 81 \times 0,85)/400 = 57,37 \text{ Kg/parcelaxcampaña de } \text{NH}_4\text{NO}_3$$

Por aplicación:

$$57,37/8 = 7,17 \text{ Kg/parcelaxaplicación de } \text{NH}_4\text{NO}_3$$

Por plantón:

$$(7,17/81) \times 1000 = 88,54 \text{ gr/plantónxaplicación de } \text{NH}_4\text{NO}_3$$

El mismo procedimiento se siguió para el cálculo de P, K, Mg y Ca:

- Fosforo: 15 Kg/parcelaxcampaña ó 10 l/parcelaxcampaña de  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- Potasio: 48,4 Kg/parcelaxcampaña de  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- Calcio: 7,8 Kg/parcelaxcampaña de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Magnesio: 50,4 Kg/parcelaxcampaña de  $\text{MgSO}_4$

Programa de aplicación

Fertilizante	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	1ra quincena *	2da quincena*	1ra quincena*	2da quincena*	1ra quincena*	2da quincena*	1ra quincena*	2da quincena*
<b>N</b> (Kg/parcela x aplicación)	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17
	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
<b>P</b> (l/parcela x aplicación)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
<b>K</b> (Kg/parcela x aplicación)	7,2		17		17		7,2	
	15%		35%		35%		15%	
<b>Ca</b> (Kg/parcela x aplicación)	3,1		3,1		0,8		0,8	
	40%		40%		10%		10%	
<b>Mg</b> (Kg/parcela x aplicación)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%

\*1er día: Acido fosfórico

2do día: Nitrato de amonio y nitrato de calcio

4to día: Sulfato de potasio y Sulfato de magnesio

**ANEXO 6. Cálculo de las necesidades hídricas del durazno**

**Lámina diaria y acumulada de la Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

<b>Día</b>	<b>Lámina diaria de ET<sub>o</sub> (mm)</b>	<b>Lámina acumulada</b>	<b>Día</b>	<b>Lámina diaria de ET<sub>o</sub> (mm)</b>	<b>Lámina acumulada</b>	<b>Día</b>	<b>Lámina diaria de ET<sub>o</sub> (mm)</b>	<b>Lámina acumulada</b>
25-ago	1,9		14-oct	2,8	123,3	03-dic	3,4	276,7
26-ago	1,9	3,8	15-oct	2,8	126,1	04-dic	3,4	280,1
27-ago	1,9	5,7	16-oct	2,8	128,9	05-dic	3,4	283,5
28-ago	1,9	7,6	17-oct	2,8	131,7	06-dic	3,4	286,8
29-ago	1,9	9,5	18-oct	2,8	134,6	07-dic	3,4	290,2
30-ago	1,9	11,4	19-oct	2,8	137,4	08-dic	3,4	293,6
31-ago	1,9	13,3	20-oct	2,8	140,2	09-dic	3,4	297,0
01-sep	2,4	15,7	21-oct	2,8	143,0	10-dic	3,4	300,3
02-sep	2,4	18,0	22-oct	2,8	145,8	11-dic	3,4	303,7
03-sep	2,4	20,4	23-oct	2,8	148,7	12-dic	3,4	307,1
04-sep	2,4	22,7	24-oct	2,8	151,5	13-dic	3,4	310,4
05-sep	2,4	25,1	25-oct	2,8	154,3	14-dic	3,4	313,8
06-sep	2,4	27,4	26-oct	2,8	157,1	15-dic	3,4	317,2
07-sep	2,4	29,8	27-oct	2,8	159,9	16-dic	3,4	320,5
08-sep	2,4	32,1	28-oct	2,8	162,8	17-dic	3,4	323,9
09-sep	2,4	34,5	29-oct	2,8	165,6	18-dic	3,4	327,3
10-sep	2,4	36,8	30-oct	2,8	168,4	19-dic	3,4	330,7
11-sep	2,4	39,2	31-oct	2,8	171,2	20-dic	3,4	334,0
12-sep	2,4	41,5	01-nov	3,2	174,4	21-dic	3,4	337,4
13-sep	2,4	43,9	02-nov	3,2	177,6	22-dic	3,4	340,8
14-sep	2,4	46,2	03-nov	3,2	180,8	23-dic	3,4	344,1
15-sep	2,4	48,6	04-nov	3,2	183,9	24-dic	3,4	347,5
16-sep	2,4	50,9	05-nov	3,2	187,1	25-dic	3,4	350,9
17-sep	2,4	53,3	06-nov	3,2	190,3	26-dic	3,4	354,2

**Continuación**

18-sep	2,4	55,6	07-nov	3,2	193,5	27-dic	3,4	357,6
19-sep	2,4	58,0	08-nov	3,2	196,7	28-dic	3,4	361,0
20-sep	2,4	60,3	09-nov	3,2	199,8	29-dic	3,4	364,4
21-sep	2,4	62,7	10-nov	3,2	203,0	30-dic	3,4	367,7
22-sep	2,4	65,0	11-nov	3,2	206,2	31-dic	3,4	371,1
23-sep	2,4	67,4	12-nov	3,2	209,4	01-ene	3,8	374,9
24-sep	2,4	69,7	13-nov	3,2	212,6	02-ene	3,8	378,6
25-sep	2,4	72,1	14-nov	3,2	215,7	03-ene	3,8	382,4
26-sep	2,4	74,4	15-nov	3,2	218,9	04-ene	3,8	386,2
27-sep	2,4	76,8	16-nov	3,2	222,1	05-ene	3,8	389,9
28-sep	2,4	79,1	17-nov	3,2	225,3	06-ene	3,8	393,7
29-sep	2,4	81,5	18-nov	3,2	228,5	07-ene	3,8	397,5
30-sep	2,4	83,8	19-nov	3,2	231,6	08-ene	3,8	401,3
01-oct	2,8	86,6	20-nov	3,2	234,8	09-ene	3,8	405,0
02-oct	2,8	89,4	21-nov	3,2	238,0	10-ene	3,8	408,8
03-oct	2,8	92,3	22-nov	3,2	241,2	11-ene	3,8	412,6
04-oct	2,8	95,1	23-nov	3,2	244,4	12-ene	3,8	416,3
05-oct	2,8	97,9	24-nov	3,2	247,5	13-ene	3,8	420,1
06-oct	2,8	100,7	25-nov	3,2	250,7	14-ene	3,8	423,9
07-oct	2,8	103,5	26-nov	3,2	253,9	15-ene	3,8	427,6
08-oct	2,8	106,4	27-nov	3,2	257,1	16-ene	3,8	431,4
09-oct	2,8	109,2	28-nov	3,2	260,3	17-ene	3,8	435,2
10-oct	2,8	112,0	29-nov	3,2	263,4	18-ene	3,8	439,0
11-oct	2,8	114,8	30-nov	3,2	266,6	19-ene	3,8	442,7
12-oct	2,8	117,6	01-dic	3,4	270,0	20-ene	3,8	446,5
13-oct	2,8	120,5	02-dic	3,4	273,4			

**Valores de Kc determinados:**

Kc inicial : 0,65

Kc medio : 0,9

Kc final : 0,7

**Lámina diaria y acumulada de la Evapotranspiración de cultivo (ETc) ó requerimiento de riego**

Día	Lámina diaria de ETc (mm)	Lámina acumulada	Día	Lámina diaria de ETc (mm)	Lámina acumulada	Día	Lámina diaria de ETc (mm)	Lámina acumulada
25-ago	1,33		14-oct	2,26	88,15	03-dic	2,64	211,48
26-ago	1,33	2,66	15-oct	2,26	90,41	04-dic	2,64	214,12
27-ago	1,33	3,99	16-oct	2,26	92,67	05-dic	2,64	216,76
28-ago	1,33	5,32	17-oct	2,26	94,93	06-dic	2,64	219,40
29-ago	1,33	6,65	18-oct	2,26	97,19	07-dic	2,64	222,04
30-ago	1,33	7,98	19-oct	2,26	99,45	08-dic	2,64	224,68
31-ago	1,33	9,31	20-oct	2,26	101,71	09-dic	2,64	227,32
01-sep	1,43	10,74	21-oct	2,35	104,06	10-dic	2,64	229,96
02-sep	1,43	12,17	22-oct	2,35	106,41	11-dic	2,63	232,59
03-sep	1,43	13,60	23-oct	2,35	108,76	12-dic	2,63	235,22
04-sep	1,43	15,03	24-oct	2,35	111,11	13-dic	2,63	237,85
05-sep	1,43	16,46	25-oct	2,35	113,46	14-dic	2,63	240,48
06-sep	1,43	17,89	26-oct	2,35	115,81	15-dic	2,63	243,11
07-sep	1,43	19,32	27-oct	2,35	118,16	16-dic	2,63	245,74
08-sep	1,43	20,75	28-oct	2,35	120,51	17-dic	2,63	248,37
09-sep	1,43	22,18	29-oct	2,35	122,86	18-dic	2,63	251,00
10-sep	1,43	23,61	30-oct	2,35	125,21	19-dic	2,63	253,63
11-sep	1,61	25,22	31-oct	2,35	127,56	20-dic	2,63	256,26
12-sep	1,61	26,83	01-nov	2,45	130,01	21-dic	2,54	258,80
13-sep	1,61	28,44	02-nov	2,45	132,46	22-dic	2,54	261,34

**Continuación**

14-sep	1,61	30,05	03-nov	2,45	134,91	23-dic	2,54	263,88
15-sep	1,61	31,66	04-nov	2,45	137,36	24-dic	2,54	266,42
16-sep	1,61	33,27	05-nov	2,45	139,81	25-dic	2,54	268,96
17-sep	1,61	34,88	06-nov	2,45	142,26	26-dic	2,54	271,50
18-sep	1,61	36,49	07-nov	2,45	144,71	27-dic	2,54	274,04
19-sep	1,61	38,10	08-nov	2,45	147,16	28-dic	2,54	276,58
20-sep	1,61	39,71	09-nov	2,45	149,61	29-dic	2,54	279,12
21-sep	1,85	41,56	10-nov	2,45	152,06	30-dic	2,54	281,66
22-sep	1,85	43,41	11-nov	2,55	154,61	31-dic	2,54	284,20
23-sep	1,85	45,26	12-nov	2,55	157,16	01-ene	2,44	286,64
24-sep	1,85	47,11	13-nov	2,55	159,71	02-ene	2,44	289,08
25-sep	1,85	48,96	14-nov	2,55	162,26	03-ene	2,44	291,52
26-sep	1,85	50,81	15-nov	2,55	164,81	04-ene	2,44	293,96
27-sep	1,85	52,66	16-nov	2,55	167,36	05-ene	2,44	296,40
28-sep	1,85	54,51	17-nov	2,55	169,91	06-ene	2,44	298,84
29-sep	1,85	56,36	18-nov	2,55	172,46	07-ene	2,44	301,28
30-sep	1,85	58,21	19-nov	2,55	175,01	08-ene	2,44	303,72
01-oct	2,09	60,30	20-nov	2,55	177,56	09-ene	2,44	306,16
02-oct	2,09	62,39	21-nov	2,60	180,16	10-ene	2,44	308,60
03-oct	2,09	64,48	22-nov	2,60	182,76	11-ene	2,37	310,97
04-oct	2,09	66,57	23-nov	2,60	185,36	12-ene	2,37	313,34
05-oct	2,09	68,66	24-nov	2,60	187,96	13-ene	2,37	315,71
06-oct	2,09	70,75	25-nov	2,60	190,56	14-ene	2,37	318,08
07-oct	2,09	72,84	26-nov	2,60	193,16	15-ene	2,37	320,45
08-oct	2,09	74,93	27-nov	2,60	195,76	16-ene	2,37	322,82
09-oct	2,09	77,02	28-nov	2,60	198,36	17-ene	2,37	325,19
10-oct	2,09	79,11	29-nov	2,60	200,96	18-ene	2,37	327,56
11-oct	2,26	81,37	30-nov	2,60	203,56	19-ene	2,37	329,93
12-oct	2,26	83,63	01-dic	2,64	206,20	20-ene	2,37	332,30
13-oct	2,26	85,89	02-dic	2,64	208,84			

## Programa de Riego aplicado

Eficiencia de sistema de riego (%) :	0,9	Lámina de Riego (mm) = Lámina diaria de ETc (mm) x (Nº de días sin riego)
Área de cobertura vegetal por árbol (m2) :	5,3	Lámina de Riego Neta (m) = Lámina de Riego Neta (mm)/(1000 x Eficiencia de riego)
Caudal de gotero Irritec (l/h) :	4	Tiempo = Volumen de agua/(caudal de 8 goteros)
Nº de goteros por árbol :	8	Tiempo (min) = Lámina de Riego Neta (m) x Área mojada (m2)/(caudal de 8 goteros (m <sup>3</sup> /min))

## Variedad Florida

Fecha de riego	Árboles de riego normal (testigos)					Árboles de riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces (SPZR)					
	Lámina de riego (mm)	Lámina de riego acumulada (mm)	Lámina de riego neta (m)	Tiempo (min)	Volumen de agua (m <sup>3</sup> )	Ramal	Lámina de riego (mm)	Lámina de riego acumulada (mm)	Lámina de riego neta (m)	Tiempo (min)	Volumen de agua (m <sup>3</sup> )
25/08/2010	7,8		0,0087	90,183	0,046	D	3,9		0,004	45,092	0,023
02/09/2010	10,6	18,400	0,012	122,557	0,062	I	5,3	9,20	0,006	30,639	0,031
08/09/2010	8,4	26,800	0,009	97,120	0,049	D	4,2	13,40	0,005	48,560	0,025
18/09/2010	15,6	42,400	0,017	180,366	0,092	I	7,8	21,20	0,009	90,183	0,046
24/09/2010	10,4	52,800	0,012	120,244	0,061	D	5,2	26,40	0,006	60,122	0,031
27/09/2010	5,4	58,200	0,006	62,435	0,032	I	2,7	29,10	0,003	31,217	0,016
01/10/2010	7,5	65,700	0,008	86,715	0,044	D	3,75	32,85	0,004	43,357	0,022
05/10/2010	8,4	74,100	0,009	97,120	0,049	I	4,2	37,05	0,005	48,560	0,025
08/10/2010	6,3	80,400	0,007	72,840	0,037	D	3,15	40,20	0,004	36,420	0,019
12/10/2010	8,8	89,200	0,010	101,745	0,052	I	4,4	44,60	0,005	50,873	0,026
19/10/2010	16,1	105,300	0,018	186,147	0,095	D	8,05	52,65	0,009	93,074	0,047
23/10/2010	9,5	114,800	0,011	109,839	0,056	I	4,75	57,40	0,005	54,919	0,028
30/10/2010	16,8	131,600	0,019	194,241	0,099	D	8,4	65,80	0,009	97,120	0,049
02/11/2010	7,2	138,800	0,008	83,246	0,042	I	3,6	69,40	0,004	41,623	0,021
06/11/2010	9,6	148,400	0,011	110,995	0,057	D	4,8	74,20	0,005	55,497	0,028

**Continuación**

10/11/2010	9,6	158,000	0,011	110,995	0,057	I	4,8	79,00	0,005	55,497	0,028
13/11/2010	7,5	165,500	0,008	86,715	0,044	D	3,75	82,75	0,004	43,357	0,022
16/11/2010	7,5	173,000	0,008	86,715	0,044	I	3,75	86,50	0,004	43,357	0,022
21/11/2010	12,6	185,600	0,014	145,681	0,074	D	6,3	92,80	0,007	72,840	0,037
24/11/2010	7,8	193,400	0,009	90,183	0,046	I	3,9	96,70	0,004	45,092	0,023
27/11/2010	7,8	201,200	0,009	90,183	0,046	100 %	7,80	104,50	0,009	90,183	0,046
30/11/2010	7,8	209,000	0,009	90,183	0,046	100 %	7,80	112,30	0,009	90,183	0,046
04/12/2010	10,4	219,400	0,012	120,244	0,061	100 %	10,40	122,70	0,012	120,244	0,061
09/12/2010	13	232,400	0,014	150,305	0,077	100 %	13,00	135,70	0,014	150,305	0,077
12/12/2010	7,8	240,200	0,009	90,183	0,046	100 %	7,80	143,50	0,009	90,183	0,046
16/12/2010	10,4	250,600	0,012	120,244	0,061	100 %	10,40	153,90	0,012	120,244	0,061
18/12/2010	5,2	255,800	0,006	60,122	0,031	100 %	5,20	159,10	0,006	60,122	0,031
22/12/2010	10,2	266,000	0,011	117,932	0,060	100 %	10,20	169,30	0,011	117,932	0,060
<b>Total</b>					1,6 m <sup>3</sup> /plantón						1,0 m <sup>3</sup> /plantón

**Variedad Canario**

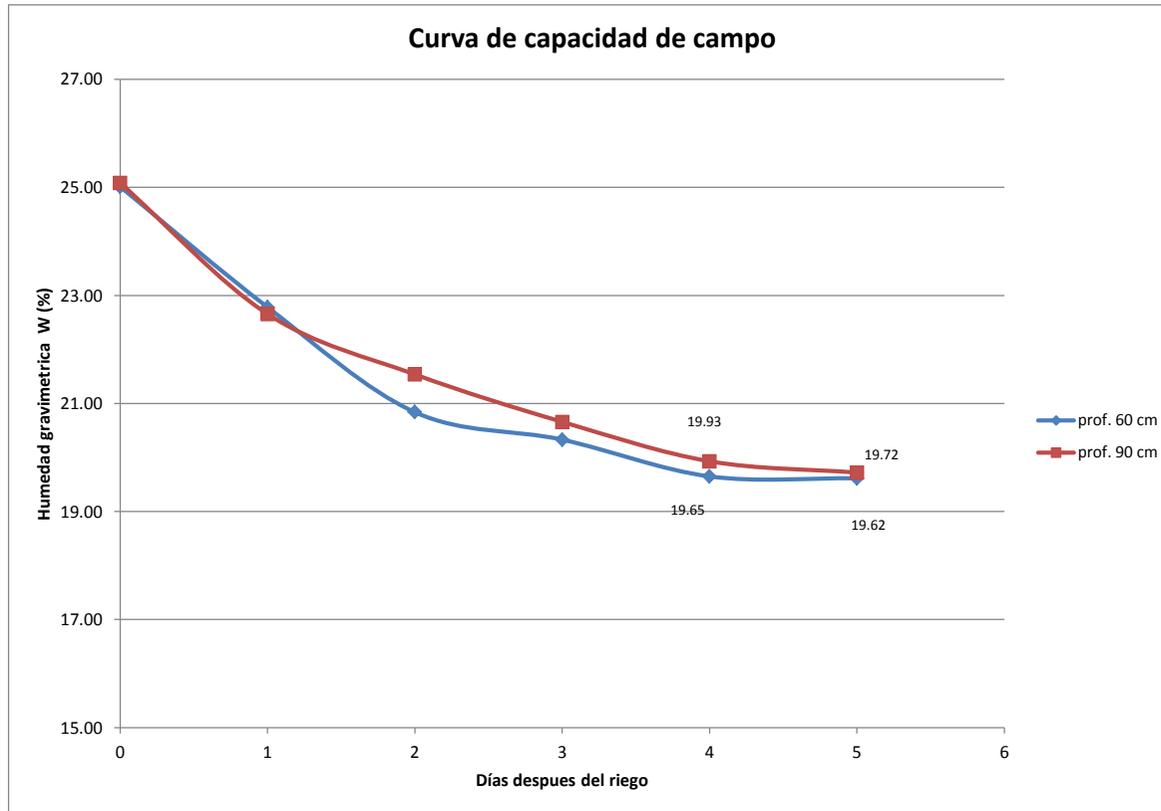
Fecha de riego	Árboles de riego normal (testigos)					Árboles de riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces (SPZR)					
	Lámina de riego (mm)	Lámina de riego acumulada (mm)	Lámina de riego neta (m)	Tiempo (min)	Volumen de agua (m <sup>3</sup> )	Ramal	Lámina de riego (mm)	Lámina de riego acumulada (mm)	Lámina de riego neta (m)	Tiempo (min)	Volumen de agua (m <sup>3</sup> )
25/08/2010	7,8		0,0087	90,183	0,046	D	3,9		0,0043	22,546	0,023
02/09/2010	10,6	18,400	0,012	122,557	0,062	I	5,3	9,20	0,006	30,639	0,031
08/09/2010	8,4	26,800	0,009	97,120	0,049	D	4,2	13,40	0,005	48,560	0,025
18/09/2010	15,6	42,400	0,017	180,366	0,092	I	7,8	21,20	0,009	90,183	0,046
24/09/2010	10,4	52,800	0,012	120,244	0,061	D	5,2	26,40	0,006	60,122	0,031
27/09/2010	5,4	58,200	0,006	62,435	0,032	I	2,7	29,10	0,003	31,217	0,016
01/10/2010	7,5	65,700	0,008	86,715	0,044	D	3,75	32,85	0,004	43,357	0,022
05/10/2010	8,4	74,100	0,009	97,120	0,049	I	4,2	37,05	0,005	48,560	0,025
08/10/2010	6,3	80,400	0,007	72,840	0,037	D	3,15	40,20	0,004	36,420	0,019
12/10/2010	8,8	89,200	0,010	101,745	0,052	I	4,4	44,60	0,005	50,873	0,026
19/10/2010	16,1	105,300	0,018	186,147	0,095	D	8,05	52,65	0,009	93,074	0,047
23/10/2010	9,5	114,800	0,011	109,839	0,056	I	4,75	57,40	0,005	54,919	0,028
30/10/2010	16,8	131,600	0,019	194,241	0,099	D	8,4	65,80	0,009	97,120	0,049
02/11/2010	7,2	138,800	0,008	83,246	0,042	I	3,6	69,40	0,004	41,623	0,021
06/11/2010	9,6	148,400	0,011	110,995	0,057	D	4,8	74,20	0,005	55,497	0,028
10/11/2010	9,6	158,000	0,011	110,995	0,057	I	4,8	79,00	0,005	55,497	0,028
13/11/2010	7,5	165,500	0,008	86,715	0,044	D	3,75	82,75	0,004	43,357	0,022
16/11/2010	7,5	173,000	0,008	86,715	0,044	I	3,75	86,50	0,004	43,357	0,022
21/11/2010	12,6	185,600	0,014	145,681	0,074	D	6,3	92,80	0,007	72,840	0,037
24/11/2010	7,8	193,400	0,009	90,183	0,046	I	3,9	96,70	0,004	45,092	0,023
27/11/2010	7,8	201,200	0,009	90,183	0,046	D	3,9	100,60	0,004	45,092	0,023
30/11/2010	7,8	209,000	0,009	90,183	0,046	I	3,9	104,50	0,004	45,092	0,023
04/12/2010	10,4	219,400	0,012	120,244	0,061	100 %	10,4	114,90	0,012	120,244	0,061
09/12/2010	13	232,400	0,014	150,305	0,077	100 %	13	127,90	0,014	150,305	0,077

**Continuación**

12/12/2010	7,8	240,200	0,009	90,183	0,046	100 %	7,8	135,70	0,009	90,183	0,046
16/12/2010	10,4	250,600	0,012	120,244	0,061	100 %	10,4	146,10	0,012	120,244	0,061
18/12/2010	5,2	255,800	0,006	60,122	0,031	100 %	5,2	151,30	0,006	60,122	0,031
22/12/2010	10,2	266,000	0,011	117,932	0,060	100 %	10,2	161,50	0,011	117,932	0,060
28/12/2010	15	281,000	0,017	173,429	0,088	100 %	15	176,50	0,017	173,429	0,088
04/01/2011	17,1	298,100	0,019	197,709	0,101	100 %	17,1	193,60	0,019	197,709	0,101
08/01/2011	9,6	307,700	0,011	110,995	0,057	100 %	9,6	203,20	0,011	110,995	0,057
11/01/2011	7,2	314,900	0,008	83,246	0,042	100 %	7,2	210,40	0,008	83,246	0,042
15/01/2011	9,6	324,500	0,011	110,995	0,057	100 %	9,6	220,00	0,011	110,995	0,057
18/01/2011	7,2	331,700	0,008	83,246	0,042	100 %	7,2	227,20	0,008	83,246	0,042
20/01/2011	4,8	336,500	0,005	55,497	0,028	100 %	4,8	232,00	0,005	55,497	0,028
					2,0 m <sup>3</sup> /plantón						1,4 m <sup>3</sup> /plantón

**ANEXO 7. Prueba de capacidad de campo**

			<b>Profundidad</b>	<b>60 cm prof.</b>	<b>90 cm prof.</b>	<b>60 cm prof.</b>	<b>90 cm prof.</b>
<b>Día de muestreo</b>	<b>Hora de muestreo</b>	<b>Horas transcurridas después del riego</b>	<b>Días transcurridos después del riego</b>	<b>Humedad Gravimétrica W (%)</b>	<b>Humedad gravimétrica W (%)</b>	<b>W (%) Promedio</b>	<b>W (%) Promedio</b>
1	10:30 am	0	0	25,01	25,08	25,01	25,08
1	2:30 pm	4	0	20,17	21,91		
2	11:00 am	48,5	1	25,25	23,15	22,78	22,66
2	6:00 pm	55,5	1	22,78	22,17		
3	12:00 am	73,5	2	20,86	21,54	20,84	21,54
3	6:00 pm	79,5	2	20,77	20,70		
4	11:00 am	96,5	3	20,6	21,09	20,3	20,66
4	4:00 pm	101,5	3	20,1	20,23		
5	10:00 am	119,5	4	19,25	20,9	19,65	19,93
5	6:00 pm	127,5	4	20,05	18,95		
6	10:00 am	143,5	5	19,44	19,61	19,62	19,72
6	4:00 pm	149,5	5	19,79	19,86		



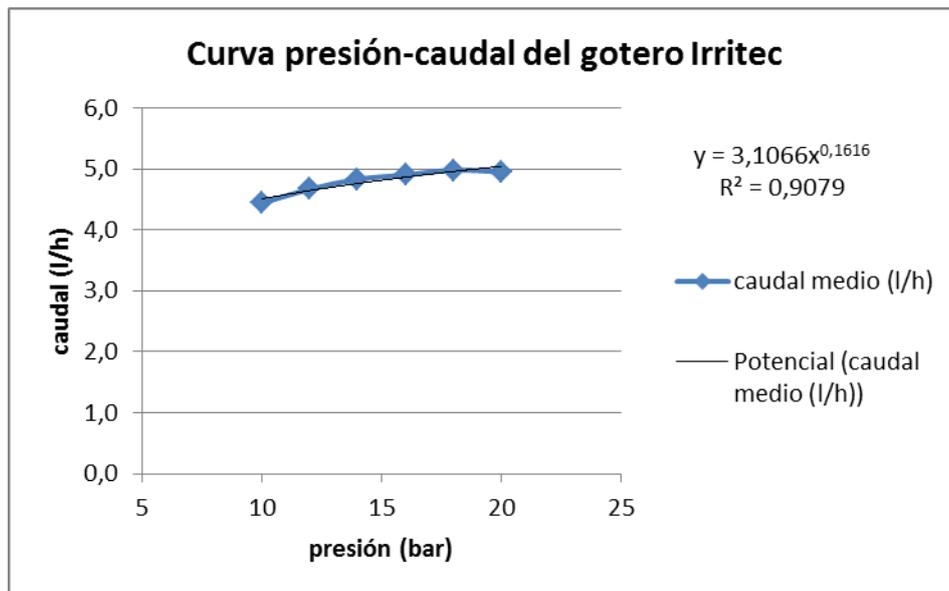
## ANEXO 8. Caracterización del gotero autocompensante Irritec (4 l/h)

### Resultados de la prueba de ensayo

Presión (bar)	10	12	14	16	18	20
Nº de gotero	Caudales emitidos (l/h)					
1	4,64	4,90	5,10	5,16	4,98	5,05
2	4,20	4,50	4,50	4,90	4,80	4,90
3	4,40	4,60	4,90	5,18	5,15	4,75
Promedio (l/h)	4,4	4,67	4,83	4,90	4,98	4,95

Presión (bar)	Caudal (l/h)
10	4,40
12	4,67
14	4,83
16	4,90
18	4,98
20	4,95

La presión de trabajo adecuado del gotero es de 10 bar.



## ANEXO 9. Coeficiente de variabilidad

Datos de volumen (ml) de emisión de goteros (4 l/h) en 1 min, a una presión de 10 bar.

Nº	V1 (ml)	V2 (ml)	V3 (ml)	Qm (l/h)	S <sup>2</sup>
1	83,500	83,500	83,000	5,000	0,076
2	84,000	83,500	83,500	5,020	0,088
3	76,000	76,000	76,000	4,560	0,027
4	83,000	80,000	81,000	4,880	0,024
5	81,500	81,000	80,000	4,850	0,016
6	71,000	71,500	70,000	4,250	0,225
7	80,000	79,500	79,500	4,780	0,003
8	94,000	94,500	94,500	5,660	0,876
9	81,000	81,000	82,000	4,880	0,024
10	84,500	84,000	85,000	5,070	0,120
11	84,000	85,000	84,000	5,060	0,113
12	78,000	79,000	78,000	4,700	0,001
13	78,000	77,500	76,000	4,630	0,009
14	90,000	89,000	90,000	5,380	0,430
15	77,500	77,000	78,000	4,650	0,005
16	71,250	71,500	71,000	4,275	0,202
17	73,000	73,000	73,000	4,380	0,118
18	81,000	81,000	81,000	4,860	0,019
19	74,000	75,000	75,500	4,490	0,055
20	92,000	92,000	91,500	5,510	0,618
21	70,500	71,000	71,500	4,260	0,215
22	73,000	73,500	74,000	4,410	0,099
23	80,000	81,000	83,000	4,880	0,024
24	80,000	78,000	80,000	4,760	0,001
25	67,000	67,000	66,500	4,010	0,510
26	70,000	70,000	70,000	4,200	0,274
27	82,000	84,000	83,000	4,980	0,066
28	94,000	95,000	94,300	5,666	0,888
29	63,000	63,000	63,000	3,780	0,891
30	67,000	67,000	67,000	4,020	0,495
31	72,000	73,000	73,000	4,360	0,132
32	88,000	88,000	87,000	5,260	0,287
33	73,500	74,000	73,000	4,410	0,099
34	81,500	81,000	81,500	4,880	0,024
35	85,000	84,000	83,000	5,040	0,100
36	71,000	71,000	71,000	4,260	0,215
Promedio				4,72	0,211

Caudal medio (Qm)	= 4,72 l/h
Variancia (S <sup>2</sup> )	= 0,211
Desviación estándar (S)	= 0,46
Coeficiente de variación (CV)	= 0,097

## ANEXO 10. Prueba de coeficiente uniformidad caudal

Caudales de los emisores de plantas escogidas de los 4 laterales (el primero, el último y 2 intermedios) de la parcela experimental.

	Caudales (l/h)			
	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primer lateral	4,77	4,72	5,24	4,11
Lateral 1/3	4,23	4,50	4,56	5,69
Lateral 2/3	5,09	4,61	3,42	6,98
Ultimo lateral	6,08	4,35	4,56	5,06

Caudal promedio de los emisores que constituyen el 25% de caudal más bajo:

$$Q_{25\%} \text{ (l/h)} = 4,0275$$

Caudal medio de todos los emisores considerados:

$$Q_m \text{ (l/h)} = 4,87$$

$$\text{CUC} = 100 \times Q_{25\%} / Q_m$$

$$\text{CUC} = 82,67 \%$$

La prueba de CUC se realizó posterior a la programación de riego con el fin de verificar la eficiencia del sistema de riego.

## ANEXO 11. Datos de humedad

### Variedad Florida - Humedad Gravimétrica (%)

Riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces - SPZR				Riego control	
Ramal Izquierdo 60 cm (Árbol 4 Lateral 1)		Ramal Derecho 60 cm (Árbol 4 Lateral 1)		Control 60 cm (Árbol 7 Lateral 1)	
Fecha	Humedad %	Fecha	Humedad %	Fecha	Humedad %
26-sep	12,5	26-sep	15,0	27-sep	15,8
28-sep	13,5	1-oct	12,4	28-sep	19,0
12-oct	12,0	3-oct	14,3	1-oct	15,9
14-oct	15,5	8-oct	12,0	13-oct	19,8
23-oct	12,8	9-oct	14,2	19-oct	15,2
25-oct	17,5	19-oct	11,2	24-oct	19,1
2-nov	12,1	22-oct	15,2	30-oct	15,0
4-nov	15,0	25-oct	10,5	31-oct	18,5
24-nov	12,3	1-nov	15,0	2-nov	15,2
28-nov	15,9	27-nov	11,3	4-nov	18,8
30-nov	15,1	28-nov	16,0	30-nov	14,9
2-dic	17,0	30-nov	15,0		
		2-dic	16,1		

### Variedad Canario - Humedad Gravimétrica (%)

Riego deficitario de secado parcial de la zona de raíces - SPZR				Riego control	
Ramal Derecho 60 cm (Árbol 8 Lateral 1)		Ramal Izquierdo 60 cm (Árbol 8 Lateral 1)		Control - 60 cm (Árbol 9 Lateral 1)	
Fecha	Humedad %	Fecha	Humedad %	Fecha	Humedad %
25-sep	13,8	29-sep	14,4	27-sep	15,5
8-oct	12,0	13-oct	16,9	28-sep	18,0
11-oct	14,0	23-oct	13,2	8-oct	15,0
19-oct	12,3	25-oct	16,9	13-oct	19,6
20-oct	16,5	2-nov	12,8	19-oct	15,9
29-oct	12,6	25-nov	16,0	24-oct	20,1
31-oct	16,7	30-nov	12,7	30-oct	15,7
29-nov	14,0			31-oct	18,0
				2-nov	16,0
				3-nov	19,2
				30-nov	15,0
				1-dic	19,5