

Efecto de la aplicación de riego controlado en la producción y calidad del fruto de *Pyrus communis* L., cv. Triunfo de Viena

Effect of the controlled irrigation in the yield and fruit quality of *Pyrus communis* L., cv. Triunfo de Viena

Diana Milena Díaz- Abril¹, Javier Enrique Vélez- Sánchez^{1*} y Pedro Rodríguez- Hernández²

¹ Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria. Bogotá, Colombia. ² Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA). San José de las Lajas, Cuba.

*Autor para correspondencia: jevelezs@unal.edu.co

Rec. : 16.03.2015 Acep.: 08.05.2015

Resumen

En Colombia las áreas de siembra en pera (*Pyrus communis* L., cv. Triunfo de Viena) han incrementado en los últimos años, debido a las ventajas nutricionales y medicinales que presenta el consumo de esta fruta. En el estudio se evaluó el efecto de la reducción de riego durante la etapa de crecimiento rápido del fruto en la producción y calidad del cultivar Triunfo de Viena de pera, con el fin de implementar estrategias para una mayor eficiencia de la utilización de agua durante los periodos fenológicos del cultivo. La investigación se realizó en 2012 y 2013 en árboles de pera de 16 años de edad en el municipio de Sesquilé, Cundinamarca (Colombia) aplicando tres tratamientos de riego: (1) control (T1) = aplicación de riego equivalente al 100% de la (evapotranspiración del cultivo) (ETc) durante todo el ciclo de producción, (T2) = aplicación de riego equivalente a 73% de la ETc durante el periodo de crecimiento rápido del fruto, y (T3) = aplicación de riego equivalente a 53% de la ETc durante el mismo periodo T2. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y los resultados fueron sometidos a análisis de varianza (Anova) y prueba de comparación de medias de Duncan ($P < 0.05$). La reducción de riego equivalente a 53% de la ETc en época de sequía no afectó la producción ni la calidad del fruto, lo que permitió un ahorro de 47% de agua en esta etapa de crecimiento del fruto cuando se requiere aplicación de riego.

Palabras clave: Pera, calidad, cosecha, déficit, producción.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of controlled irrigation during the period of rapid growth of the fruit in yield and quality in *Pyrus communis* L, cv. Triunfo de Viena, to implement strategies that will achieve greater efficiency in the use of water during phenological periods of the crop. The pear planting areas have increased in recent years, due to the advantages of eating the fruit from the nutritional and medicinal point of view. The research was conducted in 16 year old pear trees grown in the municipality of Sesquilé, Cundinamarca, applying three irrigation treatments; one (T1) control group that was irrigated at 100% ETc during all the cycle, a (T2) irrigated to 73 % ETc during the period of rapid fruit growth and (T3) irrigated to 53% ETc during the same period of T2, from 2012 to 2013. The statistical design was of complete block randomization with four replicates per treatment, the results were analyzed by analysis of variance (ANOVA) and mean comparison test of Duncan, with a significance level of 5%. The reducing irrigation of up to 53% ETc during droughts, does not affect the production and quality of the crop in the pear tree, allowing savings of 47% of water at this stage of fruit growth where irrigation is required.

Keywords: Pear, quality, harvesting, deficit, production.

Introducción

En Colombia la producción de pera (*Pyrus communis* L) ha crecido en los últimos años a una tasa de 21% anual, pasando de 15,048 t en 2011 a 22,954 t en 2013, la mayor producción se presenta en la zona Nuevo Colon, Boyacá, (Colombia) (Agronet, 2013). Los frutales caducifolios como la pera se caracterizan por sus contenidos adecuados de fibra dietética y alimentaria (polisacáridos y ligninas) por lo que se les atribuyen propiedades fisiológicas que ayudan a mantener y desarrollar la flora bacteriana intestinal. Los principales compuestos fitoquímicos en esta fruta con implicaciones benéficas para la salud son los fenólicos (flavonoles, catequinas y antocianinas) que cumplen un papel importante en la salud humana.

Sólo 3% del agua en el mundo es dulce y de ésta la agricultura consume cerca de 70%, esto sumado a la influencia del cambio climático que, en ciertas áreas modifica el régimen de lluvias, ya sea aumentándolo o reduciéndolo, y a la gran presión que ejerce la creciente población humana, hace que sea imperativo buscar técnicas para disminuir su demanda por este recurso, manteniendo o aumentando la producción por área de cultivo y permitiendo obtener productos de buena calidad que satisfagan la demanda por parte de los consumidores.

El riego deficitario controlado (RDC) es una técnica propuesta por Chalmers y Van Den (1975) en árboles de durazno, que ha sido investigada y aplicada con éxito en diferentes frutales (Yang, Zhi, Wei, W, Yingjie, y Xingfa, 2013). En las últimas décadas el RDC se ha desarrollado para el control excesivo del crecimiento vegetativo o para el ahorro de agua y consiste en programar el riego con reducciones de la lámina de agua en aquellos periodos en los cuales el crecimiento del fruto es menos sensible a la falta de agua (Marsal *et al.*, 2002) y cubrir las necesidades hídricas durante el resto del ciclo fenológico de la planta (Vélez, Intrigliolo, y Castel, 2011).

Se ha encontrado que el RDC aumenta la floración y el número de frutos en árboles de pera. Yang *et al.* (2013) encontraron que el déficit impuesto antes de la etapa del crecimiento de la fruta aumenta los rendimientos sin afectar el tamaño, en comparación con la aplicación adecuada de riego. Además, existen trabajos que muestran que un nivel moderado de estrés de agua puede favorecer la diferenciación de brotes en las plantas leñosas (Marsal Mata, Arbonés, Rufat, y Girona, 2002).

Durante la implementación del RDC es importante determinar el contenido de agua en el suelo con el fin de conocer los cambios en el

estado hídrico, monitoreando la respuesta a las lluvias y a la aplicación de riego. En el caso de presencia de déficit de agua es importante para la programación del riego conocer los efectos de la supresión o déficit hídrico en las etapas correspondientes al ciclo fisiológico del cultivo, y así decidir sobre la duración de la supresión o los volúmenes que se deben aplicar para garantizar el desarrollo vegetativo, la producción y la calidad de las cosechas (Vélez, Intrigliolo, y Castel, 2007).

El estrés hídrico afecta el crecimiento de las raíces y de la parte aérea de la planta. Para el seguimiento de los cambios en estas estructuras se utilizan las curvas de crecimiento en el tiempo, entre ellas, las relativas al diámetro ecuatorial son las más empleadas. El periodo del crecimiento del fruto se ajusta a una curva de tipo sigmoideo y presenta tres fases principales bien definidas: división celular, elongación celular y maduración; en cada una de ellas la temperatura ambiental y luminosidad regulan los procesos fisiológicos.

En la fase I de división celular se alcanza, aproximadamente, el número total de células que forman el fruto, pero el aumento de tamaño es escaso; en pera este período tiene una duración cercana a 2 meses. La fase II de elongación celular comienza una vez terminada la fase anterior y consiste en la acumulación de agua y sustancias hidrocarbonadas en las células, originando el aumento de volumen y peso del fruto hasta alcanzar un tamaño normal próximo característico. En esta etapa, que puede durar entre 30 y 90 días, es fundamental la capacidad fotosintética de la planta determinada por la relación hoja: fruto y la cantidad de luz interceptada que pueden ser determinadas por prácticas culturales como la poda y el raleo. La fase III corresponde al proceso de maduración que tiene una duración entre 10 y 30 días y en ella ocurren en el fruto una serie de transformaciones bioquímicas que conducen al desarrollo de sus características organolépticas.

Las tasas absoluta de crecimiento (TAC) que indica el cambio de tamaño por unidad de tiempo y la tasa relativa de crecimiento (TRC) que indica la variación de tamaño por unidad de tamaño inicial son utilizadas con frecuencia en los estudios sobre análisis de respuesta a tratamientos de riego (Hunt, 2003). Por otro lado, la calidad y rendimiento de un cultivo se relacionan directamente con la disponibilidad de agua. En cultivo de pera, Behboudian, Lawes and Griffiths (1994), Naor, Hupert, Greenblat, y Peres (2001), López Larrigadière, Girona, MH, y Marsal (2011) y Morandi *et al.* (2014) encontraron que árboles bajo estrés hídrico prolongado presentan frutos pequeños y de menor rendimiento; aunque a veces de mayor calidad por sus contenidos de sólidos solubles totales y el porcentaje de materia seca. El objetivo del presente estudio fue evaluar

el efecto de la reducción de agua durante la etapa de crecimiento rápido del fruto en la producción y calidad del fruto de pera.

Materiales y métodos

El estudio se realizó entre octubre de 2012 y marzo de 2013 en la finca San Benito, vereda Boitivá, en el municipio de Sesquilé, Cundinamarca, a 2595 m.s.n.m. y 14 °C de temperatura promedio. En la zona existen las cuencas de los ríos Siecha, Sisga y Alta del río Bogotá. Se utilizaron árboles de pera (*Pyrus communis* L.) de 16 años de edad, establecidos en una parcela de 0.32 ha a una distancia de 4 x 4 m.

En la zona predominan Histosoles de textura franco arcillosa, con un contenido de materia orgánica de 5.06%, pH 4.6, niveles de potasio y fosforo de 78.2 y 23.9 mg/kg, la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente de 26.9 y 15.3% respectivamente. El pH del agua de riego de 5.9 y conductividad eléctrica de 2 dS/m a una temperatura de 20°C.

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres tratamientos de riego y cuatro repeticiones, con un sistema de riego por goteo con seis emisores por planta de 8 lt/h y una frecuencia de cada 2 días. Los tratamientos consistieron en: (1) (T1) riego a 100% de la ETC durante todo el ciclo de cultivo, (2) T2 = riego a 73% de la ETC durante el periodo de crecimiento rápido del fruto, y (3) T3 = riego a 53% de la ETC durante un periodo igual al del T2. El coeficiente de cultivo utilizado para el cálculo de la evaporación del cultivo (ETc), fue 0.8.

Los datos de clima fueron obtenidos con una estación meteorológica WS-GP1 portátil (ATdelta-T Devices Ltda) instalada en un sitio próximo a la parcela experimental. La lamina de riego se determinó con base en la ecuación de Penman-Monteith (FAO, 2006). Para el monitoreo de la humedad en el suelo se utilizaron sensores Watermark. La humedad volumétrica (θ_v) se midió semanalmente mediante una sonda de perfil PR2 (PR2/6, Delta-T Devices Ltda., Cambridge, UK), constituida por una varilla de policarbonato de 25 cm de diámetro y 1 m de extensión, con pares de sensores situados a 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, y 1.0 m a lo largo de la sonda, que se insertó en tubos de acceso de paredes delgadas localizados en el suelo Molina, Vélez, y Galindo (2015). Los sensores funcionan mediante la emisión de una señal electromagnética en el suelo para medir su permitividad (constante dieléctrica) que luego se convierte a humedad; este método ofrece ventajas frente al método gravimétrico debido a la celeridad y facilidad de la medición.

Para determinar el efecto de la reducción de riego en el crecimiento se seleccionaron y marcaron 12 frutos de pera por árbol de cada unidad experimental, seis en la orientación norte y seis en la orientación sur, con un diámetro ecuatorial inicial aproximado de 2.50 cm, en dos árboles por repetición para un total de 96 frutos por tratamiento, en los que se midieron el diámetro ecuatorial y longitudinal, con una frecuencia de 15 días hasta el momento de cosecha. Las curvas de crecimiento de diámetro ecuatorial y longitudinal de frutos se ajustaron a una ecuación logística de tres parámetros. También se determinaron la tasa absoluta (TAC) y relativa de crecimiento (TRC), aplicando las ecuaciones de Hunt (2003) (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los parámetros de las tasas absoluta y relativa de crecimiento calculados. Hunt, 1990.

Índice	Descripción	Fórmula	Unidades
TAC	Tasa absoluta de crecimiento	dL/dt	cm/DDF
TRC	Tasa relativa de crecimiento	(1/L)*(dL/dt)	cm/cm por DDF

La cosecha se hizo de forma manual y los frutos fueron clasificados en tres categorías de acuerdo con el diámetro del fruto, así: categoría I (diámetro > 68 mm), categoría II (diámetro entre 62 y 68 mm) y categoría III (diámetro < 61 mm). Para determinar los parámetros de calidad se seleccionaron seis frutos por cada repetición para un total de 24 por tratamiento, los cuales fueron pesados y clasificados por esfericidad, diámetro y volumen, mediante el método de volumen de agua desplazada por el fruto en una probeta de 2000 cm³.

El color de los frutos se determinó por reflexión, utilizando el sistema de espacio de color CIE (1976), Lab o Cielab. Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron con refractómetro digital portátil. La concentración de ácido málico o acidez total (ATT) se hizo por titulación con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N. El índice de madurez (IM) se determinó como el cociente entre SST y ATT.

Las firmezas del endocarpio y la pulpa se determinaron con el equipo analizador de textura de Brookfield Engineering Labs con precisión 0.02%, 2 mm/s de velocidad de prueba, una aguja de 2 mm de diámetro, y el programa de ejecución TexturePro V1.2. La intensidad respiratoria en almacenamiento se determinó semanalmente mediante la metodología definida por Petenkoffer. Para la trampa de dióxido de carbono (CO₂) se usó hidróxido de potasio (KOH) 10% pasando el aire con CO₂ proveniente de la cámara de respiración por un tiempo de 30 min. Los resultados fueron

analizados con el programa IBM SPSS Statistics, mediante análisis de varianza (Anova) y prueba de comparación de medidas de Duncan, con nivel de significancia de 5%.

Resultados y discusión

Durante el periodo de restricción de riego los promedios de temperatura máxima y mínima fueron 15.37 y 10.71 °C, respectivamente. La precipitación total fue de 51.60 mm, y la evaporación total (ETo) de 4.05 mm/día. Los volúmenes de agua aplicados durante la etapa de crecimiento rápido del fruto fueron de 57.01, 41.69 y 30.13 mm para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente (Figura 1). Las reducciones de riego representaron un ahorro de agua de 27% en el T2 y de 47% en el T3.

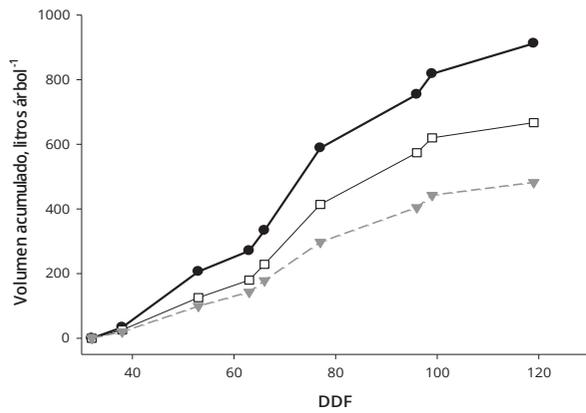


Figura 1. Volumen de agua aplicado por árbol, acumulado durante el periodo de riego para el tratamiento T1 (línea continua gruesa), T2 (línea continua delgada) y T3 (línea a trazos).

DDF = Días después de la floración.

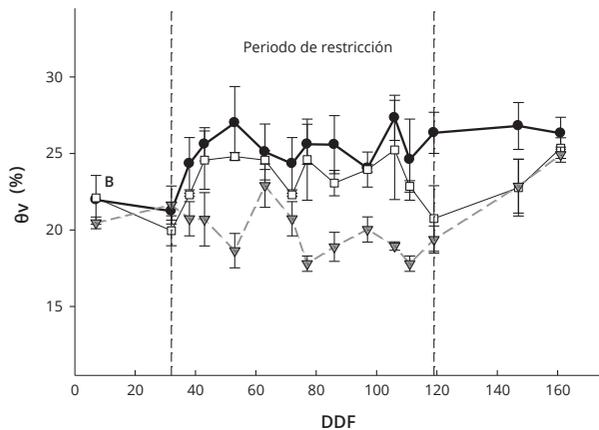


Figura 2. Evolución de la humedad volumétrica del suelo (θ_v) para el tratamiento T1 (línea continua gruesa), T2 (línea continua delgada) y T3 (línea a trazos); Las barras indican el error estándar.

DDF = Días después de la floración.

En el periodo de aplicación de déficit hídrico la humedad volumétrica media del suelo (θ_v) en los tratamientos T1, T2 y T3 fue, respectivamente, de 25.09, 23.24 y 19.85% (Figura 2), valores mayores que el punto de marchitez permanente (15.3%), con diferencias ($P < 0.05$) del tratamiento T3 vs. T1 y T2, coincidiendo con la lámina de agua aplicada.

El crecimiento en diámetro y longitud de frutos en función del tiempo siguieron una curva logística de tres parámetros (Figura 3, Tabla 2). Según Yang *et al.* (2013) el crecimiento de frutos de pera se ajusta a un modelo sigmoideal simple presentando tres fases: fase I de división celular que se presenta en los primeros 45 días después de floración (DDF), fase II de elongación o expansión celular entre 46 y 119 DDF y fase III o etapa de maduración desde 120 DDF hasta cosecha. Los valores de crecimiento de diámetro ecuatorial y

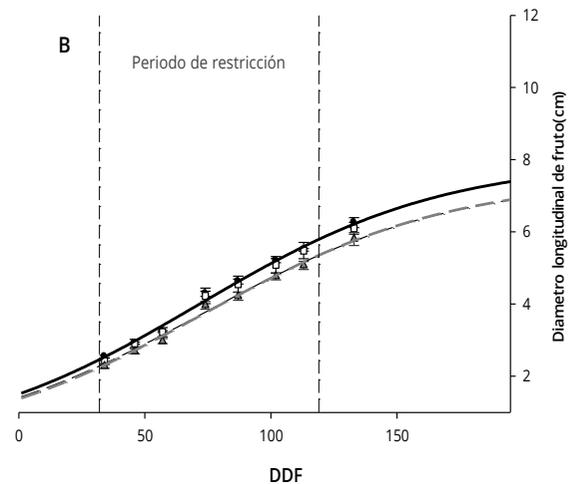
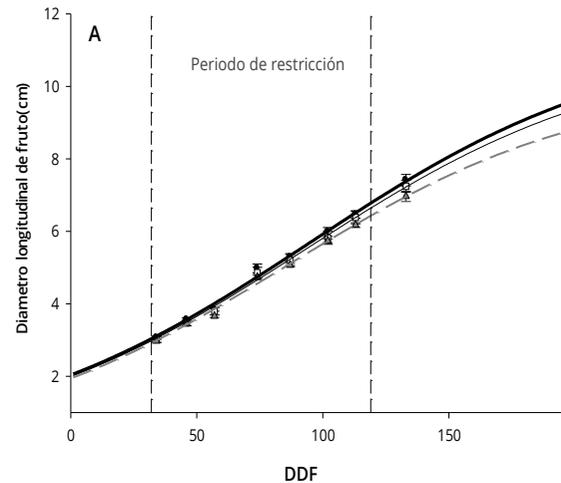


Figura 3. Curvas de crecimiento de diámetro longitudinal (A) y ecuatorial (B) de frutos de pera con ajuste logístico de tres parámetros, para el tratamiento T1 (línea continua gruesa), T2 (línea continua delgada) y T3 (línea a trazos), las barras indican el error estándar.

DDF = Días después de la floración.

Tabla 2. Ecuaciones del modelo logístico de crecimiento de los diámetros ecuatorial y longitudinal del fruto de pera.

Tratamiento	Modelo	R ²
Diámetro ecuatorial de fruto		
T1	$D_e = 7,9818/(1+4,3248e^{(-0,0205DDF)})$	0.9966
T2	$D_e = 7,4829/(1+4,3231e^{(-0,0200DDF)})$	0.9978
T3	$D_e = 7,4713/(1+4,4673e^{(-0,0203DDF)})$	0.9964
Diámetro longitudinal de fruto		
T1	$L_o = 11,4082/(1+4,6066e^{(-0,0160DDF)})$	0.9973
T2	$L_o = 11,0217/(1+4,5359e^{(-0,0162DDF)})$	0.9977
T3	$L_o = 10,1211/(1+4,2164e^{(-0,0167DDF)})$	0.9973

longitudinal de frutos no presentaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos, con valores similares a los encontrados por Molina *et al.* (2015) en la misma parcela, esto pudo ser debido a que durante el déficit hídrico el fruto crece a expensas de los carbohidratos que el árbol almacena en tallos y raíces, coincidiendo con los hallazgos de Parra *et al.* (2008) en manzano y Vélez *et al.* (2007) en clementina de Nules.

La TAC de los frutos presentó la forma típica de campana de Gauss en los tres tratamientos (Figura 4). Los valores máximos de TAC de diámetro ecuatorial y longitudinal de frutos se presentaron a 71 y 96 DDF en la fase II y fueron de 0.0484 y 0.0457 cm/día, respectivamente, lo que concuerda con los resultados encontrados en pera por Molina *et al.* (2015) y Yang *et al.* (2013), y en manzana por Yuri e González, J.;, Verdugo, y Del Pozo (2011). Al finalizar la etapa de restricción hídrica fue evidente la reducción de la TAC en el diámetro longitudinal, mientras que en el diámetro ecuatorial esta reducción comenzó durante el periodo de restricción, además se observó que la TAC de T1 fue más alta que en los T2 y T3.

Las TRC de los diámetros ecuatorial y longitudinal de los frutos mostraron tendencias similares entre tratamientos (Figura 5). En la fase I de crecimiento se observó una reducción lenta, mientras que en la fase II aumentó en forma progresiva, resultados similares a los encontrados por Molina *et al.* (2015), pero diferentes a los encontrados en manzana por Stajniko Rozman, Pavlovic, Beber, y Zadavec (2013).

La producción, el números de frutos por árbol y el peso medio del fruto no variaron ($P > 0.05$) por efecto de los tratamientos (Tabla 3), posi-

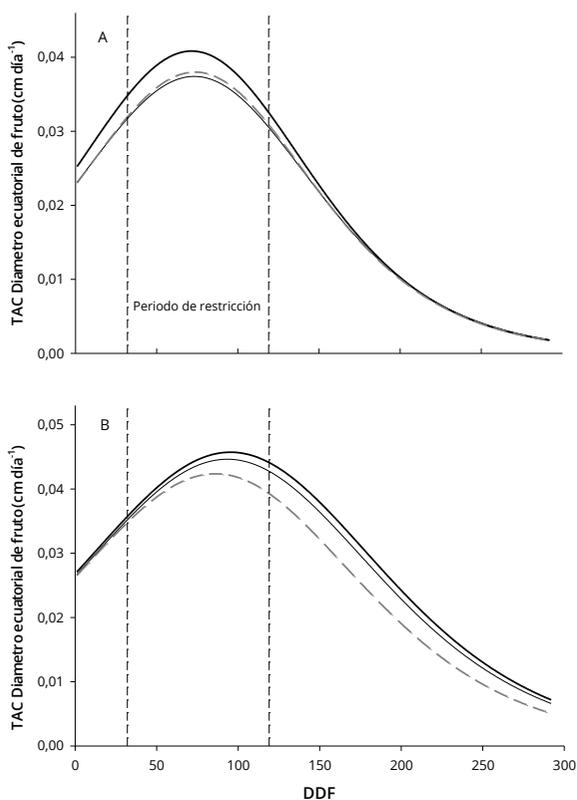


Figura 4. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de diámetro ecuatorial (A) y longitudinal (B) de frutos de pera, en los tratamientos T1 (línea continua gruesa), T2 (línea continua delgada) y T3 (línea a trazos).

DDF = Días después de la floración.

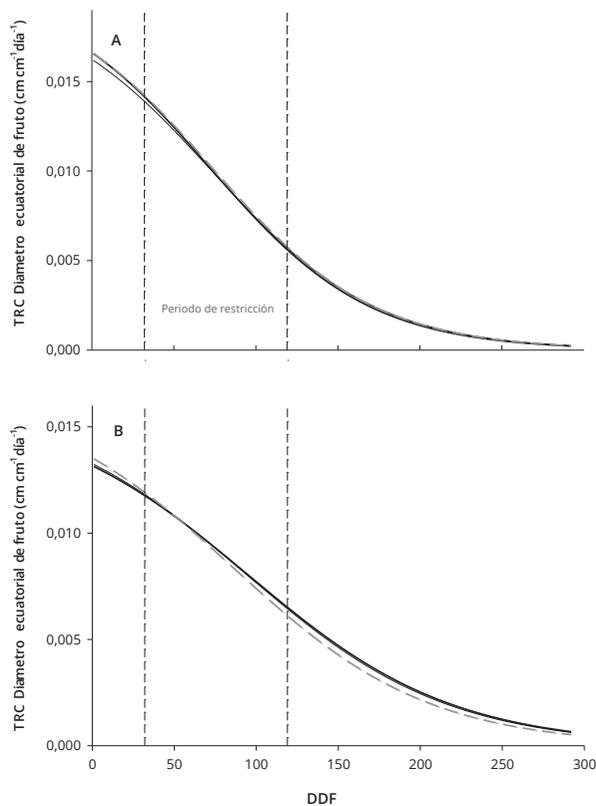


Figura 5. Tasa relativa de crecimiento (TRC) de diámetro ecuatorial (A) y longitudinal (B) de frutos de pera, en los tratamientos T1 (línea continua gruesa), T2 (línea continua delgada) y T3 (línea a trazos).

DDF = Días después de la floración.

Tabla 3. Parámetros de producción de la fruta de pera en los tratamientos T1, T2 y T3.

Parámetro	T1	T2	T3	Probabilidad
Peso medio fruto, g	200.20a	201.59a	192.32a	0.727
Producción, kg/árbol	25.91a	24.91a	25.19a	0.997
No. frutos/árbol	128.13a	127.94a	130.82a	0.492

blemente porque los niveles de estrés no fueron suficientemente severos, lo que coincide con los resultados encontrados por Rodríguez *et al.* (2012) en cultivos de granado (*Punica granatum* L.) Es importante resaltar que la mayoría de los frutos alcanzó el tamaño comercial (categorías I y II), sin diferencias entre tratamientos en relación con calibre o tamaño de frutos ni en rendimiento entre categorías; no obstante los frutos en el T1 (control) fueron en su mayoría de categoría I en

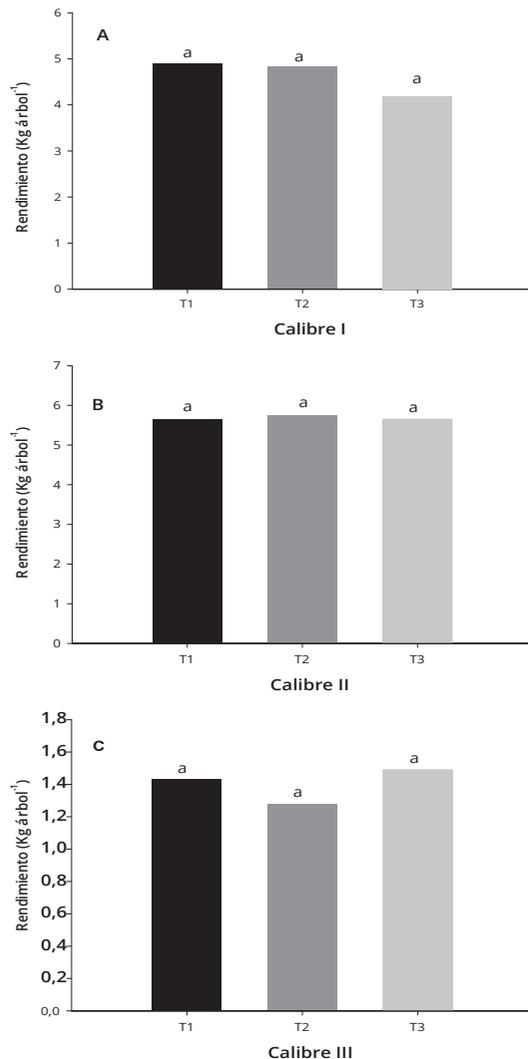


Figura 6. Producción de pera por diferentes calibres comerciales, A) calibre I con diámetros > 68 mm, B) calibre II con diámetros entre 62 a 68 mm y C) calibre III con diámetros < 61 mm.

Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

comparación con los frutos en el T3 (Figura 6). Estos resultados son similares a los obtenidos por Vivas Prieto, Moreno, Samperio, y Moñino (2011) en pera variedad Ercolini con una lámina de riego de 50% de la ETc, y por Marsal Lopez, Mata, y Girona, (2012) quienes encontraron que no existe reducción en el tamaño de los frutos de pera variedad Conference a consecuencia del déficit hídrico.

La restricción de riego en la fase II de crecimiento del fruto no afectó los parámetros volumen del fruto, porcentaje de ácido málico (ATT), °Brix, índice de madurez, firmeza de endocarpio y el mesocarpio, esfericidad del fruto y color Lab. El contenido de humedad del fruto de los tratamientos deficitarios (T2 y T3) presentó diferencias respecto al control (T1), mientras que el peso seco sólo varió ($P < 0.05$) entre el T2 y el T1 (Tabla 4). El contenido de ácido málico y el de °Brix no presentaron diferencias ($P > 0.05$)

Tabla 4. Parámetros de calidad de la fruta en cada tratamiento.

Parámetro	T1	T2	T3	Probabilidad
Peso seco (g)	6.85a*	5.76b	6.22ab	0.02
Contenido de humedad (CH, %)	75.96a	73.05b	72.40b	0.01
Volumen fruto (cm ³)	182.21a	178.17a	182.27a	0.92
Acidez (% ácido málico)	0.27a	0.27a	0.27a	0.71
°Brix	11.76a	12.48a	12.21a	0.37
Índice de madurez	41.49a	48.01a	46.74a	0.18
Firmeza mesocarpio (N)	7.19a	7.66a	7.51a	0.43
Firmeza endocarpio (N)	15.43a	17.87a	17.06a	0.14
Esfericidad	0.93a	0.93a	0.94a	0.84
L	48.02a	48.71a	48.32a	0.57
a	-5.94a	-6.51a	-6.23a	0.67
Color				
b	21.04a	21.79a	21.09a	0.37
IC	-5.41a	-5.77a	-5.68a	0.76

* Valores en una misma hilera seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa.

entre tratamientos, lo que posiblemente es debido a que la concentración de materia seca no fue afectada por un menor suministro de agua, valores similares a los encontrados por Yang *et al.* (2013) en *Pyrus bretschneideri* Rehd con láminas de riego del 60% y 40% de la ETo y diferentes a los encontrados por Vélez *et al.* (2007), Cheng *et al.* (2012) y Leib *et al.* (2006).

La firmeza de los frutos en los tratamientos deficitarios de agua fue similar al tratamiento control (T1). Los valores de esfericidad fueron cercanos a 1, lo que confirma que la forma de la pera variedad Triunfo de Viena es aproximadamente redonda en comparación con otras variedades. Los valores encontrados son similares a los hallados por Molina *et al.* (2015) y menores que los reportados por Arenas *et al.* (2012).

A través del tiempo de almacenamiento de la fruta se observó un comportamiento variable de la intensidad respiratoria (IR) típico de los productos climatéricos. Al comienzo el punto máximo (climatérico) ocurrió a 16 días de almacenamiento con valores de 25.62, 39.15 y 46.36 mg CO₂/kg por hora para T1, T2 y T3, respectivamente, (Figura 7) lo que coincide con los valores encontrados por Parra *et al.* (2006) en la misma variedad de pera. La intensidad respiratoria fue mayor en los tratamientos de menor lamina de riego con diferencias ($P < 0.05$) respecto al control T1, lo que indica que la disminución de riego afecta la tasa respiratoria de los frutos en almacenamiento. Por otra parte, López *et al.* (2011) encontraron en RDC con una lámina de riego de 20% de la ETc en pera Conference no tuvo efecto en la tasa de respiración.

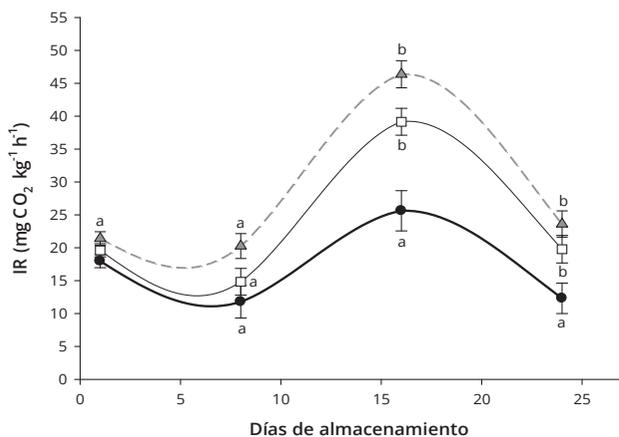


Figura 7. Variación media de la intensidad respiratoria (IR) de frutos de pera en almacenamiento en los tres tratamientos, T1 (línea continua gruesa), T2 (línea continua delgada) y T3 (línea a trazos).

Conclusiones

La reducción de la lámina de riego en la etapa de crecimiento rápido del fruto, que coincidió con el periodo de menor precipitación y mayor demanda evaporativa, no afectó la producción ni la calidad de los frutos en la cosecha, con un ahorro de agua de 47.15% durante el tiempo de aplicación de la restricción bajo las condiciones evaluadas, lo que redujo el gasto energético.

Agradecimientos

A la empresa Acqua Irrigación Ltda. por el financiamiento del estudio; la Universidad Nacional de Colombia, Proyecto Hermes 20719, y al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA) por la capacitación brindada.

Referencias

- Agronet. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2013). Sistema de Estadísticas Agropecuarias -SEA. Republica de Colombia. Bogotá. D. C
- Arenas B, M., Vélez S., J., y Camacho-Tamayo, J. (2013). Crecimiento del fruto de peral bajo el sistema de riego por goteo con una y dos líneas. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.*, 6(2),140-151.
- Cheng, F., Sun, H., Shi, H., Zhao, Z., Wang, Q., y Zhang, J. (2012). Effects of related deficit irrigation on the vegetative and generative properties of the pear cultivar 'Yali'. *J. Agric. Sci.*,14, 183 - 194.
- Hunt, R. (2003). Growth analysis, individual plants. En: Thomas, B. D.; Murphy, Y. y Murray, D. (eds.). *Encyclopaedia of applied plant sciences*. Academic Press. Londres.
- Leib, B., Capari, H., Andrews, P., Redulla, C., Jabro, J., y Stausz, D. (2006). Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. *Irrigation Sci.* 24(2), 85 - 99.
- López, G., Larrigaudière, C., Girona, J., MH, B., y Marsal, J. (2011). Fruit thinning in 'Conference' pear grown under deficit irrigation: Implications for fruit quality at harvest and after cold storage. *Sci. Hort.* 129: 64 - 70.
- Marsal, J., Lopez, G., Mata, M., y Girona, J. (2012). Postharvest deficit irrigation in 'Conference' pear: Effects on subsequent yield and fruit quality. *Agric. Water Manag.* 103: 1 - 7.
- Marsal, J., Mata, M., Arbonés, A., Rufat, J., y Girona, J. (2002). Regulated deficit irrigation and rectification of irrigation scheduling in young pear trees: an evaluation based on vegetative and productive response. *Eur. J. Agron.* 17(2),111 - 122.
- Molina, J., Vélez, J., Galindo, A. (2015). Resultados preliminares del efecto del riego deficitario durante el periodo de crecimiento rápido del fruto (pero, cv. Triunfo de Viena) en la producción y calidad del fruto. *Rev. Col. Cien. Hort.* 9 (1), 38 - 45
- Morandi, B., Losciale, P., Manfrini, L., Zibordi, M., Anconelli, S., Galli, F., y Corelli, L. (2014). Increasing water stress negatively affects pear fruit growth by reducing first its xylem and then its phloem inflow. *J. Plant Phys.* 171: 106 - 113.
- Naor, A., Hupert, H., Greenblat, Y., y Peres, M. A. (2001). The response of nectarine fruit size and midday stem water potential to irrigation level in stage III and crop load. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126, 140 - 143.
- Parra, A., Hernández, E., y Camacho, J. (2006). Comportamiento fisiológico de la pera variedad Triunfo de Viena (*Pyrus communis* L.) durante el periodo de poscosecha. *Rev. Bras. Frut.* 28(1), 46 - 50.
- Parra, R., Robinson, T., Osborne, J., y Parra-Bujanda, L. (2008). Efecto de carga de fruto y déficit hídrico en la calidad y producción de manzana. *Rev. Chapingo, serie Horticultura* 14, 49 - 54.

- Rodríguez, P., Mellisho, C., Conejero, W., Cruz, Z., Ortuño, M., Galindo, A., y Torrecillas, A. (2012). Plant water relations of leaves of pomegranate trees under different irrigation conditions. *Envir. Exper. Bot.* 77:19 - 24.
- Stajniko, D., Rozman, C., Pavlovic, M., Beber, M., y Zadavec, P. (2013). Modelin of 'Gala' apple fruits diameter for improving the accuracy of early yield prediction. *Sci. Hortic.* 160: 306 - 312.
- Vélez, J., Intrigliolo, D., y Castel, J. (2007). Scheduling deficit irrigation of citrus trees with maximum daily trunk shrinkage. *Agric.l Water Manag.* 90(3), 197 - 204.
- Vélez, J., Intrigliolo, D., y Castel, J. (2011). Programación de riego en base a sensores de medida del estado hídrico del suelo y de la planta. *Rev. Cient. Actualidad y Divulgación Científica U.D.C.A.* 14(2), 65 - 73.
- Vivas, A., Prieto, M., Moreno, V., Samperio, A., y Moñino, M. (2011). Respuesta productiva a largo plazo de la aplicación de riego deficitario controlado en peral variedad Ercolini. *Fruticultura* 14, 22 - 28.
- Yang, W., Zhi, Z., Wei, W., Yingjie, M., y Xingfa, H. (2013). Yield and growth of mature pear trees under water deficit during slow fruit growth stages in sparse planting orchard. *Sci. Hortic.* 164, 189 - 195.
- Yuri, J., González, J., Verdugo, A., y Del Pozo, A. (2011). Responses of fruit growth, quality, and productivity to crop load in apple cv. Ultra Red Gala/MM111. *Sci. Hortic.* 127, 305 - 312.